Н А У Ч Н О - Т Е Х Н И Ч Е С К И Й

В Е С Т Н И К

П О В О Л Ж Ь Я

№11 2018

Направления:

01.01.00 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА

02.00.00 — ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

05.02.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

05.11.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

05.13.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Казань

2018

УДК 60
ББК 30-1
Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №11 2018г. – Казань: Научно-технический вестник Поволжья, 2018. – 286 с.
ISSN 2079-5920

Журнал зарегистрирован в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций ПИ № ФС77-41672 от 13 августа 2010г.
Журнал размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.ntvp.ru, и в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ).
Журнал включен ВАК РФ в перечень научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.
Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» № 12025.

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

С.В. Анаников – д.т.н., проф.; *Т.Р. Дебердеев* – д.т.н., проф.; *Б.Н. Иванов* – д.т.н., проф.;
В.А. Жихарев – д.ф-м.н., проф.; *В.С. Минкин* – д.х.н., проф.; *А.Н. Николаев* – д.т.н, проф.;
В.К. Половняк – д.х.н., проф.; *П.П. Суханов* – д.х.н., проф.; *В.Ф. Тарасов* – д.ф-м.н., проф.;
Х.Э. Харлампиди – д.х.н., проф.

В журнале отражены материалы по теории и практике технических, физико-математических и химических наук.

Материалы журнала будут полезны преподавателям, научным работникам, специалистам научных предприятий, организаций и учреждений, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

УДК 60
ББК 30-1

ISSN 2079-5920 **© Научно-технический вестник Поволжья, 2018 г.**

СОДЕРЖАНИЕ

В.С. Минкин, А.Д. Елчуева, Т.Ю. Старостина, Р.Х. Шагимуллин ВУЛКАНИЗАЦИЯ НОВЫХ ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ЖИДКИХ ТИОКОЛОВ 11

01.01.00 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА

А.С. Андреев, Е.А. Сутыркина ОБ УСТОЙЧИВОСТИ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИСКРЕТНЫХ УРАВНЕНИЙ ВОЛЬТЕРРА 13

Ф.М. Кадыров ОДНОМЕРНАЯ ЗАДАЧА ФИЛЬТРАЦИОННОЙ КОНСОЛИДАЦИИ УПРУГОГО ПОЛУПРОСТРАНСТВА С РАЗРЫВНЫМИ НАЧАЛЬНЫМИ УСЛОВИЯМИ 17

А.С. Калитвин, В.А. Калитвин, И.В. Барышева О ЛИНЕЙНОМ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ УРАВНЕНИИ БАРБАШИНА С ЧАСТНЫМИ ИНТЕГРАЛАМИ 21

Е.А. Логинова О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ТЕПЛА В КРУГОВОМ ЦИЛИНДРЕ С РАЗРЕЗОМ 25

К.В. Осипян, К.М. Расулов О НЕТЕРОВОСТИ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТИПА ЗАДАЧИ КАРЛЕМАНА В КЛАССАХ МЕТААНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В НЕВЫРОЖДЕННОМ СЛУЧАЕ 29

К.М. Расулов, Т.И. Тимофеева НЕУСТОЙЧИВОСТЬ РЕШЕНИЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТИПА ГИЛЬБЕРТА ДЛЯ КВАЗИГАРМОНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ 33

Л.С. Сабитов, Н.Ф. Кашапов, И.К. Киямов, И.Л. Кузнецов ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЁТА ТОНКОСТЕННОГО СТЕРЖНЯ-ОБОЛОЧКИ ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ СО СЛАБОЙ КОНУСНОСТЬЮ И ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНОЙ СТЕНКИ 37

Л.С. Сабитов, Н.Ф. Кашапов, И.Л. Кузнецов, И.К. Киямов НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ УЗЛОВ СОЕДИНЕНИЙ ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ-ОБОЛОЧЕК ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ. РАСЧЁТ ЗАДАЧИ ПО БЕЗМОМЕНТНОЙ ТЕОРИИ 41

Н.В. Севодина ОБ ОПТИМАЛЬНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТА НА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ 45

И.Б. Юмов, Ц.Ж. Юмова ОБ АСИМПТОТИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ УЗЛОВ ВЕСОВОЙ КВАДРАТУРНОЙ ФОРМУЛЫ ТРАПЕЦИЙ 48

02.00.00 — ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

А.В. Быков, Г.Н. Демиденко, А.А. Добрянская, З.О. Нехаева, Л.Ж. Никошвили ПОЛИМЕРСТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ЖИДКОФАЗНОГО ГИДРИРОВАНИЯ АНИЛИНА 52

Н.В. Лакина, В.Ю. Долуда, Г.Ю. Рабинович, Е.О. Долуда, М.Е. Лакина ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИЧИСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА ТОРФА ВЕРХОВОГО ТИПА, КАК ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ 56

Н.А. Немыгина, Е.С. Бахвалова, Л.Ж. Никошвили, Э.М. Сульман ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ В РЕАКЦИЯХ СУЗУКИ, ХЕКА И СОНОГАШИРА 59

Н.А. Немыгина, Л.Ж. Никошвили, О.В. Манаенков, М.Г. Сульман, Э.М. Сульман ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТООТДЕЛЯЕМЫХ Pd-СОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ СВЕРХСШИТОГО ПОЛИСТИРОЛА В РЕАКЦИИ КРОСС-СОЧЕТАНИЯ СУЗУКИ 62

А.И. Сидоров, М.Е. Григорьев, А.В. Быков, И.Ю. Тямина, Б.Б. Тихонов, В.Ю. Долуда, Э.М. Сульман КИНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦИНКОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ЖИДКОФАЗНОГО СИНТЕЗА МЕТАНОЛА 65

Е.А. Смирнова ВЛИЯНИЕ СОСТАВА РАСТВОРОВ НА СКОРОСТЬ ТРАВЛЕНИЯ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ 69
Б.Б. Тихонов, П.Ю. Стадольникова, А.И. Сидоров, Э.М. Сульман ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НА БИОКАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗЫ ХРЕНА 72
Н.П. Шабельская, Д.А. Виростков, А.В. Лешкевич, А.В. Скориков, А.А. Нестеров ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ NiO – CoO – Fe2O3 75
А.Б. Шеин, В.В. Пантелеева ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ТИАЗОЛА И ТИАДИАЗОЛА В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В СОЛЯНОЙ КИСЛОТЕ 79

05.02.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

В.П. Друзьянова, А.В. Спиридонова, М.Я. Рожина ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ 84
М.Я. Рожина, А.В. Спиридонова, В.П. Друзьянова ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ 88
М.Н. Сидоров, Н.А. Стручков, М.М. Ершова ПРОФИЛАКТИКА ЗАБОЛЕВАНИИ ЖИВОТНЫХ ПУТЁМ ВСКАРМЛИВАНИЯ БЕЛКОВО-ВИТАМИННЫМ КОНЦЕНТРАТОМ 91
С.*Н. Антропов, А.П. Буйносов* АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА ЭП2К 94
А.Н. Блазнов, Д.Е. Зимин, Е.Э. Анисимов, А.В. Синицин, М.Е. Журковский ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОМПОЗИТОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НАГРУЗКИ И ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ 98
И.Н. Бояршинова, М.Р. Бекмансуров ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ РАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ 102
И.Н. Бояршинова, М.С. Ильиных ДВУХЭТАПНАЯ МЕТОДИКА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ВЕСА 106
А.П. Буйносов, В.С. Наговицын, С.Л. Марулин МЕТОДОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА, ДИАГНОСТИРОВАНИЯ, ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА 110
Л.В. Быков, О.А. Пашков МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕЧЕНИЯ В ОТРЫВНЫХ ЗОНАХ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА 114
А.П. Волков ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ БИОСТОЙКИХ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ 118
К.Г. Горгоц ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ МЕЖДУ САТЕЛЛИТАМИ В ПЛАНЕТАРНЫХ ПЕРЕДАЧАХ ТИПА 2К-Н С ФИКСИРОВАННЫМИ ЦЕНТРАЛЬНЫМИ ЗУБЧАТЫМИ КОЛЁСАМИ 122
А.Г. Дранаева, Л.Я. Конощук, Я.В. Васильева, Е.И. Кондакова РЕГУЛИРОВАНИЕ СТЕПЕНИ АЭРАЦИИ В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ 126
О.В. Исламова, А.З. Токов МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НОЖА ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ В СИСТЕМЕ SOLIDWORKS 129
А.К. Корякин, Д.М. Ноев, Ч.Г. Машиев, С.В. Степанова, К.К. Горохов, Т.П. Горохова РЕЗЕРВНАЯ МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ 133
М.А. Кузнецов, М.А. Крампит, Д.П. Ильященко, А.Г. Крампит, Н.В. Павлов ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ЭЛЕКТРОДУГОВОГО ПОСЛОЙНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ 136

Н.К. Лотова, Т.М. Пудова, Т.А. Петрова, В.В. Черкашин, А.П. Хамаров ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ 139
М.И. Петрова, Н.К. Гаврильева, М.И. Черкашина, Е.Э. Алексеев, А-С.Г. Егоров, А.Д. Попов РАСЧЁТ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА ВНЕДРЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ 141
П.В. Писарев, А.Н. Аношкин, В.А. Ашихмин ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ МОДЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ОБРАЗЦОВ С ВНЕДРЕННЫМИ ПЬЕЗОАКТУАТОРАМИ 144
А.Х. Тазмеев, Р.Н. Тазмеева, Б.Х. Тазмеев КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ С ЖИДКИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ 148
Е.П. Томашевская, В.П. Друзьянова ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА 151
А.Р. Фардеев, Ф.Д. Байрамов, А.А. Фардеев, Б.Ф. Байрамов ЧИСЛЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ОЦЕНКЕ РЕАКЦИИ ГИДРОСИСТЕМЫ МАНИПУЛЯТОРА НА ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТА МАНИПУЛИРОВАНИЯ 154

05.11.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Н.Н. Беспалов, А.В. Зорькин, П.М. Дёмкин ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ ЧЕРЕЗ ДЛИННУЮ ЛИНИЮ НА ОСНОВЕ ВИТОЙ ПАРЫ, ФОРМИРУЕМЫХ ИМПУЛЬСНЫМ ИСТОЧНИКОМ ТОКА 157
Г.Н. Гусев, А.В. Маккавеев ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЙ ПЛАВАТЕЛЬНОГО БАССЕЙНА 161
В.В. Корепанов ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СО ВСТРОЕННЫМ ОПТИЧЕСКИМ ВОЛОКНОМ 165
К.В. Собянин, И.Н. Шардаков ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ЦЕНТРА МАСС, В СИСТЕМАХ ПАССИВНОЙ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ 168
А.А. Талипов, К.С. Мельник РЕЖИМЫ ГЕНЕРАЦИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭФФЕКТОВ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ В МИКРОСТРУКТУРИРОВАННОМ ВОЛОКНЕ SC-5.0-1040 174
А.Г. Шляхова, А.Т. Шляхов, Х.С. Биктимирова, М.Р. Магдеева ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАТЕНТА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ № 2561335 178

05.13.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

А.Н. Афонин, Р.Г. Асадуллаев, М.А. Ситникова АНАЛИЗ ДАННЫХ fNIRS-ТОМОГРАФА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОТЕЗАМИ КОНЕЧНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕРФЕЙСА МОЗГ-КОМПЬЮТЕР 182
Р.Г. Асадуллаев, В.В. Ломакин, Е.В. Ильинская, Т.А. Лысакова, О.С. Резниченко СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛА КОМПЛЕКСА СРЕДСТВ ВЫСОКОУРОВНЕВОЙ РАЗРАБОТКИ 185
Т.И. Афанасьева, Т.А. Парникова, В.П. Друзьянова, И.И. Слепцов, В.В. Черкашин ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ВУЗА 189
И.Р. Бадертдинов, И.Л. Кузнецов, Л.С. Сабитов НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ТРЕХГРАННЫХ РЕШЕТЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ 192

А.С. Бондарчук, В.Г. Зарубский АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ И ОБОРОНЫ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНОЙ КАТЕГОРИИ 195
Я.В. Васильева, О.И. Захарова, Г.Г. Дармаева, В.П. Друзьянова ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ МЕТОДОМ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ 199
И.В. Власов УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ РЕМОНТА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ ЭВТ НА УСЛОВИЯХ АУТСОРСИНГА 201
И.Б. Гинзбург СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АВТОНОМНОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ С ДРУГИМИ ВИДАМИ КЛИЕНТСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ОБЛАЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ 204
И.В. Гоголева, Л.А. Дарбасова, М.И. Петрова, Д.Н. Юмшанова, М.А. Зайков, Э.К. Данилов ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИКТ В ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 208
Г.Н. Гусев МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ АРМИРОВАННОЙ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ. ЧИСЛЕННЫЙ И НАТУРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТЫ 211
Е.И. Егорова, А.И. Ахмадиев СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ 214
Е.В. Ильинская, В.В. Ломакин, Р.Г. Асадуллаев, Т.В. Зайцева МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ КОРПОРАТИВНОГО УРОВНЯ 218
Э.Р. Марданшин, В.В. Афанасьев СЕЛЕКТИВНОЕ РЕЖЕКТИРОВАНИЕ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ СХЕМЫ ЧУА В СИСТЕМАХ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ 224
Ч.Г. Машиев, Д.М. Ноев, В.В. Осипова, Д.О. Колесов, М.А. Зайков, Э.К. Данилов ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЗАНЯТИЯХ 227
А.В. Мурыгин, В.С. Тынченко, А.Н. Коваленко, В.Д. Лаптенок, А.Н. Бочаров ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ РЕНТГЕНОВСКОГО ДАТЧИКА СТЫКА ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКЕ 230
Т.П. Новикова, В.К. Зольников УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ И ОЦЕНКА СРЕДСТВ ЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ 235
М.С. Саввинова, В.В. Сысолятина, С.Г-Д. Ханхалдаева, В.П. Друзьянова ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НАВОЗА В ОБОРУДОВАНИИ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ 239
А.М. Семенов, Л.Ф. Тагирова, В.К. Тагиров ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ВЫБОРА ПРЕТЕНДЕНТА НА ВАКАНТНУЮ ДОЛЖНОСТЬ 242
Л.А. Симонова, Е.И. Егорова ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ДЕТАЛИ 247
А.Ю. Степаненко ЛОГИСТИКА СНАБЖЕНИЯ: МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТЕЙ В МАТЕРИАЛАХ 255
М.Н. Терентьев ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДИСКРЕТНЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ 258
И.М. Ткаченко, Е.Р. Кожанова ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ НЕПРЕРЫВНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА НАНОСТРУКТУР 261
С.А. Ямашкин, С.А. Федосин ВЫДЕЛЕНИЕ ФАКТОВ О ГЕОПОЗИЦИИ ИЗ ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ 265

АННОТАЦИИ 269

THE RELEASE MAINTENANCE

V.S. Minkin, A.D. Elchueva, T.Yu. Starostina, R.Kh. Shagimullin VULCANIZATION OF NEW SEALING COMPOSITIONS ON THE BASIS OF LIQUID TIOCOLS 11

01.01.00 — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — MATHEMATICS

A.S. Andreev, E.A. Sutyrkina ON STABILITY OF NONLINEAR DISCRETE VOLTERRA EQUATIONS 13
F.M. Kadyrov ONE-DIMENSIONAL PROBLEM OF SEEPAGE CONSOLIDATION OF AN ELASTIC HALF-SPACE WITH DISCONTINUOUS INITIAL CONDITIONS 17
A.S. Kalitvin, V.A. Kalitvin, I.V. Barysheva ON LINEAR INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATION OF BARBASHIN WITH PARTIAL INTEGRALS 21
E.A. Loginova ABOUT THE DISTRIBUTION OF HEAT IN A CIRCULAR CYLINDER WITH A CUT 25
K.B. Osipyan, K.M. Rasulov ON THE NOETHERIAN OF THE BOUNDARY VALUE PROBLEM OF CARLEMAN TYPE IN CLASSES OF METAANALYTIC FUNCTIONS IN THE NON-DEGENERATE CASE 29
K.M. Rasulov, T.I. Timofeeva INSTABILITY OF SOLUTIONS OF THE BOUNDARY VALUE PROBLEM OF HILBERT TYPE FOR QUASIHARMONIC FUNCTIONS 33
L.S. Sabitov, N.F. Kashapov, I.K. Kiyamov, I.L. Kuznetsov NUMERICAL-ANALYTICAL METHOD FOR CALCULATING A THIN-WALLED SHAFT-SHEET CLOSED PROFILE WITH WEAK CONE AND A VARIABLE THICKNESS WALL 37
L.S. Sabitov, N.F. Kashapov, I.L. Kuznetsov, I.K. Kiyamov STRESSED-DEFORMED CONDITION OF NODES OF CONNECTIONS OF THIN-WALLED CLOSED-SHELLS OF THE CLOSED PROFILE. CALCULATION OF THE PROBLEM UNDER THE IMPROVEMENT THEORY 41
N.V. Sevodina THE OPTIMAL LOCATION OF THE PIEZOELECTRIC ELEMENT AT THE SPATIAL STRUCTURE 45
I.B. Yumov, Ts.Zh. Yumova ABOUT ASYMPTOTICALLY OPTIMAL DISTRIBUTION OF NODES OF A WEIGHTED QUADRATURE FORMULA OF TRAPEZIUM 48

02.00.00 — CHEMICAL SCIENCES

A.V. Bykov, G.N. Demidenko, A.A. Dobryanskaya, Z.O. Nekhaeva, L.Zh. Nikoshvili POLYMER-STABILIZED CATALYTIC SYSTEM FOR LIQUID-PHASE HYDROGENATION OF ANILINE 52
N.V. Lakina, V.Yu. Doluda, G.Yu. Rabinovich, E.O. Doluda, M.E. Lakina THE STUDY OF KINETIC CHARACTERISTICS OF THE ENZYMATIC HYDROLYSIS OF THE PEAT TYPE AS THE CELLULOSE-CONTAINING RAW MATERIAL 56
N.A. Nemygina, E.S. Bakhvalova, L.Zh. Nikoshvili, E.M. Sulman POSSIBILITY OF USE OF BIMETALLIC CATALYSTS IN THE SUZUKI, HECK AND SONOGASHIRA REACTIONS 59
N.A. Nemygina, L.Zh. Nikoshvili, O.V. Manaenkov, M.G. Sulman, E.M. Sulman APPLICATION OF PALLADIUM-CONTAINING POLYSTYRENE-BASED MAGNETICALLY SEPARABLE CATALYSTS IN SUZUKI CROSS-COUPLING REACTION 62
A.I. Sidorov, M.E. Grigoriev, A.V. Bykov, I.Yu. Tyamina, B.B Tikhonov, V.Yu. Doluda, E.M. Sulman KINETIC RESEARCHES OF ZINC CATALYSTS OF METHANOL LIQUID PHASE SYNTHESIS 65
E.A. Smirnova THE INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF THE SOLUTIONS ON THE SPEED OF ETCHING OF STAINLESS STEELS 69
B.B. Tikhonov, P.Yu. Stadolnikova, A.I. Sidorov, E.M. Sulman INFLUENCE OF EXTRACTIONS METHODS ON BIOCATALYTIC ACTIVITY OF HORSERADISH PEROXIDASE 72

N.P. Shabelskaya, D.A. Virostkov, A.V. Leshkevich, A.V. Skorikov, A.A. Nesterov THE STUDY OF THE PROCESSES OF PHASE FORMATION IN THE SYSTEM NiO – CoO – Fe2O3 75
A.B. Shein, V.V. Panteleeva STUDY OF THIAZOLE AND THIADIAZOLE DERIVATIVES AS CORROSION INHIBITORS FOR LOW-CARBON STEEL IN HYDROCHLORIC ACID SOLUTIONS 79

05.02.00 — TECHNICAL SCIENCES — MECHANICAL ENGINEERING AND ENGINEERING SCIENCE

V.P. Druzyanova, A.V. Spiridonova, M. Ya. Rozhina TECHNOLOGY FOR RECYCLING OF MANURE FOR BIOGAS PRODUCTION IN CONDITIONS OF YAKUTIA 84
M.Ya. Rozhina, A.V. Spiridonova, V.P. Druzyanova THE EQUIPMENT FOR PROCESSING OF SECONDARY RAW MATERIALS 88
M.N. Sidorov, N.A. Strushkov, M.M. Ershova PREVENTION OF THE DISEASE IN ANIMALS BY FEEDING PROTEIN-VITAMIN CONCENTRATE 91
S.N. Antropov, A.P. Buinosov ANALYSIS OF TECHNICAL CONDITION OF PASSENGER ELECTRIC LOCOMOTIVES OF DIRECT CURRENT OF EP2K 94
A.N. Blaznov, D.E. Zimin, E.E. Anisimov, A.V. Sinitsin, M.E. Zhurkovsky STUDY OF DURABILITY OF COMPOSITES UNDER LOAD AND HUMIDITY 98
I.N. Boyarshinova, M.R. Bekmansurov OPTIMAL DESIGN OF FRAME STRUCTURE ELEMENTS 102
I.N. Boyarshinova, M.S. Ilinih TWO-STAGE METHOD OF OPTIMAL DESIGN DETAILS WITH THE PURPOSE OF WEIGHT REDUCE 106
A.P. Buinosov, V.S. Nagovitsyn S.L. Marulin THE METHODOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF SYSTEMS FOR MONITORING, DIAGNOSIS, MAINTENANCE AND REPAIR OF ROLLING STOCK 110
L.V. Bykov, O.A. Pashkov MATHEMATICAL MODEL OF THE FLOW IN THE SEPARATION ZONES OF A HIGH-SPEED AIRCRAFT 114
A.P. Volkov DETERMINATION OF THE ACTIVITY OF MINERAL ADDITIVES INTENDED FOR THE ESTABLISHMENT OF BIOLOGICAL STABILITY OF CEMENT COMPOSITES 118
K.G. Gorgots EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF LOAD DISTRIBUTION AMONG SATELLITES IN A PLANETARY GEAR TYPE 2K-N WITH A FIXED CENTRAL TOOTHED WHEELS 122
A.G. Dranaeva, L.Y. Konoshuke, Y.V. Vasilieva, E.I. Kondakova REGULIROVANIE THE DEGREE OF AERATION IN A NUTRIENT MEDIUM 126
O.V. Islamova, A.Z. Tokov MODELING OF THE STRESSED-DEFORMED CONDITION OF THE KNIFE OF THE MEASURING GRINDER OF MEAT RAW MATERIALS IN THE SOLIDWORKS SYSTEM 129
A.K. Koryakin, D.M. Noev, Sh.G. Mashiev, S.V. Stepanova, K.K. Gorokhov, T.P. Gorokhova THE RESERVE CAPACITY OF THE POWER PLANT 133
M.A. Kuznetsov, M.A. Krampit, D.P. Il'yaschenko, A.G. Krampit, N.V. Pavlov DETERMINATION OF OPTIMAL MODES OF ELECTRIC ARC LAYER GROWING 136
N.K. Lotova, T.M. Pudova, T.A. Petrova, V.V. Cherkashin, A.P. Hamarov THE USE OF ELECTRONIC EDUCATIONAL RESOURCES IN EDUCATIONAL PROCESS 139
M.I. Petrova, N.K. Gavrilieva, M.I. Cherkashina, E.E. Alekseev, A- S.G. Egorov, A.D. Popov THE CALCULATION OF THE CAPITAL COSTS OF INTRODUCING THE EQUIPMENT 141
P.V. Pisarev, A.N. Anoshkin, V.A. Ashikhmin NUMERICAL SIMULATION OF MECHANICAL BEHAVIOR MODEL COMPOSITE SAMPLES WITH IMPROVED PIEZOACTUATORS 144

A.Kh. Tazmeev, R.N. Tazmeeva, B.Kh. Tazmeev THE STRUCTURAL METHODS FOR IMPROVING GAS-DISCHARGE DEVICES WITH LIQUID ELECTRODES 148
E.P. Tomashevskaya, V.P. Druzyanova THE TECHNOLOGY OF PROCESSING OF SECONDARY RAW MATERIALS IN THE NORTH 151
A.R. Fardeyev, F.D. Bairamov, A.A. Fardeyev, B.F. Bairamov NUMERICAL EXPERIMENTS ON THE ESTIMATION OF THE MANIPULATOR HYDRO-SYSTEM RESPONSE TO THE CHANGE OF THE RATE OF THE MANIPULATED OBJECT MOTION 154

05.11.00 — TECHNICAL SCIENCES — INSTRUMENTATION, METROLOGY AND INFORMATION-MEASURING DEVICES

N.N. Bespalov, A.V. Zorkin, P.M. Dyomkin INVESTIGATION OF PASSING CONTROL IMPULSES FORMED BY A CURRENT SOURSE THROUGH THE LONG LINE BASED ON TWISTED PAIR 157
G.N. Gusev, A.V. Makkaveyev EXPERIENCE IN DESIGNING AND IMPLEMENTING A SYSTEM FOR MONITORING THE STRESS-STRAIN STATE OF LARGE-SPAN STEEL STRUCTURES OF SWIMMING POOL COATINGS 161
V.V. Korepanov NUMERICAL SIMULATION OF THE MECHANICAL BEHAVIOR OF MULTILAYER POLYMER COMPOSITE MATERIALS WITH INTEGRATED OPTICAL FIBER 165
K.V. Sobyanin, I.N. Shardakov OPTIMAL LOCATION OF THE CENTER OF MASS IN PASSIVE VIBRATION ISOLATION SYSTEMS 168
A.A. Talipov, K.S. Melnik GENERATION MODES OF NONLINEAR EFFECTS BY LASER PULSES IN MICROSTRUCTURED FIBER SC-5.0-1040 174
A.G. Shlyakhova, A.T. Shlyakhov, Kh.S. Biktimirova, M.R. Magdeeva TECHNICAL-ECONOMIC STUDY OF THE PATENT FOR INVENTION №2561335 (RU) 178

05.13.00 — TECHNICAL SCIENCES — COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

A.N. Afonin, R.G. Asadullaev, M.A. Sitnikova ANALYSIS OF DATA OF FNIRS-TOMOGRAPH FOR MANAGEMENT OF LIMB-PROTOSES BY MEANS OF BRAIN-COMPUTER INTERFACE 182
R.G. Asadullaev, V.V. Lomakin, E.V. Ilinskay, T.A. Lysakova, O.S. Reznichenko SYSTEMATIZATION OF THE FUNCTIONAL OF THE COMPLEX OF MEANS OF HIGH-LEVEL DEVELOPMENT 185
T.I. Afanaseva, T.A. Parnikova, V.P. Druzyanova, I.I. Sleptsov, V.V. Cherkashin ELECTRONIC INFORMATION EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF A REGIONAL UNIVERSITY 189
I.R. Badretdinov, I.L. Kuznetsov, L.S. Sabitov STRESS-STRAIN STATE OF A TRIANGULAR LATTICE STRUCTURES 192
A.S. Bondarhcuk, V.G. Zarubskiy THE ALGORITHM FOR SOLVING THE PROBLEM OF SUBSTANTIATION OF RATIONAL STRUCTURE AND PARAMETERS OF THE SYSTEM OF PROTECTION AND DEFENSE OF OBJECTS OF DIFFERENT CATEGORIES 195
Y.V. Vasilieva, O.I. Zaharova, G.G. Darmaeva, V.P. Druzyanova PROCESSING OF AGRICULTURAL RAW MATERIALS BY THE METHOD OF MICROBIAL SYNTHESIS IN THE CONDITIONS OF YAKUTIA 199
I.V. Vlasov MANAGE QUALITY OF REPAIR AND MAINTENANCE OF EVT IN TERMS OF OUTSOURCING 201
I.B. Ginzburg COMPARISON OF POSSIBILITIES OF AUTONOMOUS WEB APPLICATION WITH OTHER TYPES OF CLOUD INFORMATION SYSTEMS CLIENT APPLICATIONS 204

I.V. Gogoleva, L.A. Darbasova, M.I. Petrova, D.N. Umshanova, M.A. Zaikov, I.K. Danilov THE USE OF ICT IN TEACHING 208
G.N. Gusev BEHAVIOUR OF THE BRICKLAYING WITH COMPOSITE REINFORCEMENT MODELLING. NUMERICAL AND NATURAL EXPERIMENTS. 211
E.I. Egorova, A.I. Ahmadiev STRUCTURAL MODEL OF GRAPHIC INFORMATION 214
E.V. Ilinskaja, V.V. Lomakin, R.G. Asadullaev, T.V. Zaitseva THE RISK ASSESSMENT METHOD IN THE DEVELOPMENT OF AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS OF THE CORPORATE LEVEL 218
E.R. Mardanshin, V.V. Afanasev SELECTIVE REJECTION OF CHUA SCHEME PSEUDO-RANDOM SIGNALS FOR THE CONFIDENTIAL COMMUNICATION INFORMATION SYSTEMS 224
Sh.G. Mashiev, D.M. Noev, V.V. Osipova, D.O. Kolesov, M.A. Zaikov, I.K. Danilov APPLICATION OF MODELING IN PEDAGOGICAL ACTIVITY AT THE CLASSES 227
A.V. Murygin, V.S. Tynchenko, A.N. Kovalenko, V.D. Laptenok, A.N. Bocharov NOISE IMMUNITY OF THE X-RAY JOINT SENSOR DURING ELECTRON BEAM WELDING 230
T.P. Novikova, V.K. Zolnikov PROCESS CONTROL TESTING OF ELECTRONIC COMPONENTS AND ASSESSMENT OF ENSURING MEANS 235
M.S. Savvinova, V.V. Sisolytina, S.G-D. Hanhaldaeva, V.P. Druzyanova TECHNOLOGY FOR RECYCLING OF MANURE EQUIPMENT NEW DESIGN 239
A.M. Semyonov, L.F. Tagirova, V.K. Tagirov INTELLECTUAL SYSTEM OF SUPPORT OF DECISION-MAKING OF THE CHOICE OF THE APPLICANT FOR THE VACANT POST 242
L.A. Simonova, E.I. Egorova ONTOLOGICAL MODEL OF REPRESENTATION OF INFORMATION ON TECHNOLOGICAL PROCESS DETAILS 247
A.Y. Stepanenko MRP LOGISTICS: MATERIAL REQUIREMENS PLANNING METHODS 255
M.N. Terentiev PERFORMANCE INDICATORS FOR DUTY CYCLE WIRELESS NETWORKS OF THE INTERNET OF THINGS 258
I.M. Tkachenko, E.R. Kozhanova THE APPLICATION OF THE CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM TECHNIQUE FOR ANALYZING THE ELEMENTAL COMPOSITION OF NANOSTRUCTURES 261
S.A. Yamashkin, S.A. Fedosin GEOPOSITION INFORMATION EXTRACTION FROM TEXT ARRAYS IN NATURAL LANGUAGE 265

ABSTRACTS 269

02.00.06

В.С. Минкин д-р хим. наук, А.Д. Елчуева канд. техн. наук,
Т.Ю. Старостина канд. педагог. наук, Р.Х. Шагимуллин канд. техн. наук

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
факультет наноматериалов и нанотехнологий,
кафедра физики,
Казань, yerus@yandex.ru

ВУЛКАНИЗАЦИЯ НОВЫХ ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ЖИДКИХ ТИОКОЛОВ

В статье приведены экспериментальные результаты по исследованию процессов вулканизации новых герметизирующих композиций промышленными агентами, определены физико-химические свойства новых двухкомпонентных герметиков.

Ключевые слова: *полисульфидные олигомеры, вулканизующий агент, условия отверждения.*

Наиболее распространенными промышленными отвердителями жидких тиоколов (полисульфидных олигомеров – ПСО) в настоящее время являются диоксиды свинца и марганца, бихромат натрия, парахинондиоксим [1]. По активности промышленные вулканизирующие агенты располагаются в ряду:

$$PbO_2 > Na_2Cr_2O_7 > MnO_2.$$

Чем выше активность окислителя, тем быстрее наступает гелеобразование, но тем ниже степень превращения концевых групп в гель-точке. Если по оптимальным параметрам сеткообразования следует отдать предпочтение системам с диоксидом марганца, то значения физико-механических, когезионных и адгезионных показателей вулканизатов с бихроматом натрия оказываются более высокими, чем вулканизатов, полученных с диоксидами металлов.

Рецепты вулканизатов и условия отверждения тиоколов приведены в работах [1, 2]. В таблице 1 приведены физико-механические показатели ненаполненных вулканизатов промышленных жидких тиоколов (марка НВБ-2).

Таблица 1– Влияние природы вулканизующего агента на физико-механические показатели ненаполненных вулканизатов

Свойства вулканизатов	Вулканизующий агент		
	MnO_2	$Na_2Cr_2O_7$	PbO_2
Условное напряжение при удлинении 100%, МПа	-	0,39	0,31
Относительное напряжение при разрыве, МПа	0,14	0,71	0,64
Относительное удлинение, %	120	100	260
Остаточное удлинение, %	0	0	0
Сопротивление отслаиванию от дюраля, кН/м	0,65	1,54	0,80
Содержание золя, %	4,6	5,2	6,1

Для более эффективного отверждения и получения качественного герметика в соответствующих композициях кроме окислителя используются ряд добавок различного назначения: наполнитель, ускоритель вулканизации, тиксотропный агент, пластификаторы и различные модификаторы [3].

В таблице 2 приведены полученные данные по активности и свойствам герметиков по рецепту УТ-34 [3], отвержденных с использованием отечественных партий диоксида марганца.

Полученные данные позволяют оценить влияние новых отечественных партий диоксидов марганца на свойства вулканизатов промышленных жидких тиоколов и активность применяемых вулканизующих агентов.

Таблица 2– Свойства вулканизатов ПСО, отвержденных экспериментальными партиями MnO_2 (по рецепту УТ-34)

№ п/п	Показатели	Норма по ТУ	MnO_2 (пром. партия 183)	Номер экспериментальной партии		
				210-3	210-5	210-2
1	Жизнеспособность, час	2-8	4,0	6,0	6,66	7,5
2	Условное напряжение при разрыве, МПа	1,0	1,41	1,58	1,46	1,12
3	Относительное удлинение, %	150	250	120	120	196
4	Остаточное удлинение, %	12	4	0	0	0
5	Сопротивление при отслаивании от дюраля, кН/м	1,5	2,0	1,86	1,9	2,6

Кроме этого, нами была разработана технология получения нового двухкомпонентного тиоуретанового герметика. В качестве модифицирующего олигомера (отверждающая паста) использован форполимер сложно-эфирной природы СКУ-Ф-Э4, выпускаемый в промышленном масштабе.

Проведенные промышленные испытания показали, что разработанный герметик обладает хорошими технологическими свойствами при нанесении на различные поверхности, высокими адгезионными показателями, хорошей бензо- и маслостойкостью, жизнеспособностью в пределах от одного до трех часов. Разработанные герметики уменьшают в своем составе дефицитный в настоящее время продукт – жидкий тиокол.

В таблице 3 приведены основные физико-механические показатели разработанных тиоуретановых композиций по сравнению с промышленными герметиками на основе жидких тиоколов (У-30МЭС-5).

Таблица 3– Свойства разработанных герметиков

Свойства герметиков	Разработанный герметик «Тиофор»	Промышленный герметик (У-30МЭС-5)
1. Условная прочность при разрыве, МПа	5,0	1,9
2. Относительное удлинение при разрыве, %	500	215
3. Относительная остаточная деформация, %	0	8
4. Прочность связи с металлом при отслаивании, кН/м	6,5	2,6
5. Жизнеспособность, ч	1-3	2-4

Разработанные тиоуретановые герметики были широко использованы для герметизации разъемных металлических конструкций, в электротехнической промышленности, нефтепроводов, для ремонта редукторов. Проведенные натурные испытания герметиков в различных климатических зонах страны показали их высокие эксплуатационные свойства, которые определяли значительное повышение эффективности и экономичности эксплуатации получаемых изделий и узлов после герметизации.

Полученные физико-механические, технологические и эксплуатационные свойства новых герметиков позволяют устранить основные недостатки герметиков на основе ПСО, к числу которых относятся невысокая адгезия к металлам, недостаточная износостойкость, высокая остаточная деформация при сжатии и ее быстрое накопление под воздействием нагрузки.

Список литературы

1. *Минкин В.С., Дебердеев Р.Я., Хакимуллин Ю.Н., Палютин Ф.М.* Промышленные полисульфидные олигомеры (синтез, вулканизация, модификация). Казань: «Новое знание», 2004. – 175с.

2. *Суханов П.П., Минкин В.С*. Исследование процессов структурирования олигомерных композиций методами радиоспектроскопии. Казань: Изд-во КГТУ, 2011. – 223с.

3. *Минкин В.С., Иванов Б.Н., Чистяков В.В., Костромин Р.Н.* Новые герметизирующие композиции на основе ПСО. Казань: Вестник КГТУ, 2011. – №18. – с.316-319.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА (01.01.00)

01.01.02

А.С. Андреев д-р физ.-мат. наук, Е.А. Сутыркина канд. физ.-мат. наук

Ульяновский государственный университет,
факультет математики, информационных и авиационных технологий,
кафедра информационной безопасности и теории управления,
Ульяновск, andreevas@ulsu.ru

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИСКРЕТНЫХ УРАВНЕНИЙ ВОЛЬТЕРРА

В работе исследуется задача о развитии метода функционалов Ляпунова в определении устойчивости нелинейных дискретных уравнений Вольтерра. Изучена топологическая динамика таких уравнений, представлены теоремы о локализации положительного предельного множества решений и асимптотической устойчивости.

Ключевые слова: *нелинейные дискретные уравнения Вольтерра, функционал Ляпунова, асимптотическая устойчивость.*

Непрерывные и дискретные уравнения Вольтерра широко применяются в моделировании биологических, экологических процессов, в математической теории управления [1-6]. Известные результаты по применению прямого метода Ляпунова в исследовании дискретных уравнений Вольтерра ограничиваются обобщением на эти уравнения классических теорем Ляпунова или их непосредственных модификаций [7-10].

Целью настоящей работы является развитие прямого метода Ляпунова в исследовании асимптотической устойчивости нелинейных нестационарных дискретных уравнений Вольтерра в направлении применения функционалов Ляпунова со знакопостоянной разностью.

1. Топологическая динамика нелинейных дискретных уравнений Вольтерра.

Рассмотрим систему нелинейных дискретных уравнений типа Вольтерра

$$x(n+1) = f(n, x(n)) + \sum_{s=n_0}^{n} g(n, s, x(n), x(s)), \quad x(n_0) = x_0 \tag{1.1}$$

где $x \in \mathbb{R}^m$ – вектор m –мерного линейного действительного пространства с нормой $\| x \| = \max(|x_1|, |x_2|, ..., |x_m|)$, $n \in \mathbb{Z}^+$, $n \geq n_0$, функции $f = f(n, x)$ и $g = g(n, s, x, y)$ определены и ограничены при всех значениях $(n, x) \in \mathbb{Z}^+ \times \mathbb{R}^m$ и $(n, s, x, y) \in \mathbb{Z}^+ \times S_n \times \mathbb{R}^m \times \mathbb{R}^m$, $S_n = \{s \in \mathbb{Z}^+ : s \leq n,\ n \in \mathbb{Z}^+\}$ соответственно, а также для любого компактного множества $K \subset \mathbb{R}^m$ удовлетворяют условиям:

$$\begin{gathered}
\| f(n, x) \| \leq m_1(K) \quad \forall (n, x) \in \mathbb{Z}^+ \times K, \\
\forall \varepsilon > 0 \ \ \exists \delta = \delta(\varepsilon) > 0 : \quad \| f(n, x^{(1)}) - f(n, x^{(2)}) \| < \varepsilon \\
\forall (n, x^{(1)}), (n, x^{(2)}) \in \mathbb{Z}^+ \times K : \quad \| x^{(2)} - x^{(1)} \| < \delta(\varepsilon); \\
\| g(n, s, x, y) \| \leq m_2(K) \quad \forall (n, s, x, y) \in \mathbb{Z}^+ \times S_n \times K \times K, \\
\forall \varepsilon > 0 \ \ \exists \delta = \delta(\varepsilon) > 0 : \quad \| g(n, s, x^{(1)}, y^{(1)}) - g(n, s, x^{(2)}, y^{(2)}) \| < \varepsilon \\
\forall (n, s, x^{(1)}, y^{(1)}), (n, s, x^{(2)}, y^{(2)}) \in \mathbb{Z}^+ \times S_n \times K \times K : \\
\| x^{(2)} - x^{(1)} \| < \delta(\varepsilon), \ \ \| y^{(2)} - y^{(1)} \| < \delta(\varepsilon)
\end{gathered} \tag{1.2}$$

Кроме того, предположим, что функция $g = g(n,s,x,y)$ удовлетворяет условию

$$\| g(n,s,x,y) \| \le g_0(s-n,K) \quad \forall (n,s,x,y) \in \mathbb{Z}^+ \times S_n \times K \times K$$

$$\sum_{n=-\infty}^{0} g_0(n,K) < \infty \tag{1.3}$$

При условиях (1.2), (1.3) для каждой начальной точки $(n_0,x_0) \in \mathbb{Z}^+ \times \mathbb{R}^m$ существует решение $x = x(n,n_0,x_0)$ уравнения (1.1), определенное для всех $n \ge n_0$, непрерывно зависящее от x_0.

Пусть F – пространство функций $f = f(n,x)$, $f : \mathbb{Z} \times \mathbb{R}^m \to \mathbb{R}^m$, а G – пространство функций $g = g(n,s,x,y)$, $g : \mathbb{Z} \times S_\infty \times \mathbb{R}^m \times \mathbb{R}^m \to \mathbb{R}^m$, непрерывных по x и (x,y), соответственно, при фиксированных $n \in \mathbb{Z}$ и $(n,s) \in \mathbb{Z} \times S_\infty$, $S_\infty = \{s \in \mathbb{Z} : s \le n,\ n \in \mathbb{Z}\}$, при этом функции g удовлетворяют условиям вида (1.3) с заданной функцией g_0.

Определим сходимость в F и G в соответствии с работой [11]. Сходимость является метризуемой, пространства F и G будут полными. Условия (1.2) и (1.3) гарантируют для семейств сдвигов

$$F_0 = \{ f_k(n,x) = f(n+k,x),\ \ k \in \mathbb{Z}^+ \}$$

$$G_0 = \{ g_k(n,s,x,y) = g(n+k,s+k,x,y),\ \ k \in \mathbb{Z}^+ \}$$

предкомпактность в F и G. Отсюда можно найти, что по отношению к уравнению (1.1) можно определить семейство предельных уравнений

$$x(n+1) = f^*(n,x(n)) + \sum_{s=-\infty}^{n} g^*(n,s,x(n),x(s)) \tag{1.4}$$

где $f^*(n,x) = \lim\limits_{k_l \to \infty} f(n+k_l,x)$, $g^*(n,s,x,y) = \lim\limits_{k_l \to \infty} g(n+k_l,s+k_l,x,y)$. Областью определения этого уравнения является область вида $\mathbb{R} \times C$, где C – банахово пространство функций $\varphi : \mathbb{Z}^- \to \mathbb{R}^m$ с нормой $\| \varphi \| = \sup(\| \varphi(s) \|,\ s \in \mathbb{Z}^-)$.

Пусть $x = x(n,n_0,x_0)$ – какое-либо решение уравнения (1.1). Определим множество

$$\omega^+(n_0,x_0) = \{ p \in \mathbb{R}^m :\ \exists k_l \to \infty :\ x(k_l,n_0,x_0) \to p \ при\ l \to \infty \}$$

как положительное предельное множество этого решения.

Теорема 1.1. Пусть $x = x(n,n_0,x_0)$ – какое-либо решение уравнения (1.1), ограниченное компактом $K \subset \mathbb{R}^m$ при всех $n \ge n_0$. Тогда для каждой предельной точки $p \in \omega^+(n_0,x_0)$ найдется решение $x = \varphi(n)$, $n \in \mathbb{Z}$ некоторого уравнения (1.4), такое, что

$$\varphi(0) = p,\ \ \{\varphi(n), n \in \mathbb{Z}\} \subset \omega^+(n_0,x_0).$$

2. Теоремы об устойчивости.

Пусть для уравнения (1.1) можно найти функционал Ляпунова, определяемый вдоль каждой функции $x : \mathbb{Z}^+ \to \mathbb{R}^m$ равенством

$$V(n) = V_1(n,x(n)) + \sum_{s=n_0}^{n} V_2(n,s,x(n),x(s)) \tag{2.1}$$

где $V_1 : \mathbb{Z}^+ \times \mathbb{R}^m \to \mathbb{R}$, $V_2 : \mathbb{Z}^+ \times S_n \times \mathbb{R}^m \times \mathbb{R}^m \to \mathbb{R}$ – функции, непрерывные по x и

(x, y) при фиксированных n и (n, s) соответственно. Положим, что вдоль решения $x(n) = x(n, n_0, x_0)$ уравнения (1.1) функционал $V(n)$ удовлетворяет соотношению вида

$$V(x(n+1)) - V(x(n)) = (V_1(n+1, x(n+1)) - V_1(n, x(n)) +$$
$$+ \sum_{s=n_0}^{n} (V_2(n+1, s, x(n+1), x(s)) - V_2(n, s, x(n), x(s))) +$$
$$+ V_2(n+1, n+1, x(n+1), x(n+1)))\,|_{(1.1)} \le \qquad (2.2)$$
$$\le -W_1(n, x(n)) - \sum_{s=n_0}^{n} W_2(n, s, x(n), x(s))$$

где $W_1 : \mathbb{Z}^+ \times \mathbb{R}^m \to \mathbb{R}^+$ и $W_2 : \mathbb{Z}^+ \times S_n \times \mathbb{R}^m \times \mathbb{R}^m \to \mathbb{R}^+$ – функции, непрерывные по x и (x, y) при фиксированных n и (n, s) соответственно, удовлетворяющие условиям вида (1.2) и (1.3).

По аналогии с построением предельного уравнения (1.4), найдем для функций W_1 и W_2 семейства предельных функций $\{W_1^*(n, x)\}$ и $\{W_2^*(n, s, x, y)\}$, а также введем предельные совокупности вида $\{f^*, g^*, W_1^*, W_2^*\}$.

Теорема 2.1. Предположим, что для уравнения (1.1) можно найти функционал вида (2.1), ограниченный снизу вдоль любой непрерывной функции $x : \mathbb{Z}^+ \to \mathbb{R}^m$ и удовлетворяющий неравенству (2.2). Тогда для каждого ограниченного компактом $K \subset \mathbb{R}^m$ решения $x(n, n_0, x_0)$ уравнения (1.1) множество $\omega^+(n_0, x_0)$ состоит из решений $x = \varphi(n)$, $n \in \mathbb{Z}$ предельных уравнений (1.4), таких, что

$$W_1^*(n, \varphi(n)) = 0 \quad \forall n \in \mathbb{Z}; \quad W_2^*(n, s, \varphi(n), \varphi(s)) = 0 \quad \forall (n, s) \in \mathbb{Z} \times S_\infty \qquad (2.3)$$

Как следствие, имеют место следующие теоремы об асимптотической устойчивости нулевого решения уравнения (1.1) в предположении, что $f(n, 0) \equiv 0$, $g(n, s, 0, 0) \equiv 0$, $n \in \mathbb{Z}$, $s \in S_n$.

Теорема 2.2. Пусть существует функционал $V(n)$ вида (2.1), такой, что:

1) для всех $(n, x) \in \mathbb{Z}^+ \times P$ и всех $(n, s, x, y) \in \mathbb{Z}^+ \times S_n \times P \times P$ выполнены неравенства $V_1(n, x) \ge a_1(\| x \|)$, $V_2(n, s, x, y) \ge 0$, где a_1 – функция типа Хана [12], $P = \{x \in \mathbb{R}^m : \ \| x \| < H, \ H = \text{const} > 0\}$;

2) выполнено соотношение (2.2);

3) для каждой предельной совокупности отсутствуют решения уравнения (1.4), удовлетворяющие равенствам (2.3), кроме нулевого.

Тогда решение $x = 0$ уравнения (1.1) асимптотически устойчиво.

Теорема 2.3. Пусть в условиях Теоремы 2.2 также имеют место оценки $V_1(n, x) \le a_2(\| x \|)$, $V_2(n, n, x, x) \le a_3(\| x \|)$, a_2, a_3 – функции типа Хана.

Тогда решение $x = 0$ уравнения (1.1) равномерно асимптотически устойчиво.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания по НИР (проект 9.5994.2017/БЧ) и Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-01-00702).

Список литературы

1. *Вольтерра В.* Теория функционалов, интегральных и интегро-дифференциальных уравнений. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982.304 с.
2. *Burton T.A.* Volterra Integral and Differential Equations, 2nd ed. Amsterdam: Mathematics in Science and Engineering 202, Elsevier B. V. 2005.
3. *Corduneanu C., and Lakshmikantham V.* Equations with unbounded delay: a survey // Nonlinear Analysis, Theory, Methods and Applications. 1980. Vol. 4. P. 831–877.
4. *Andreev A., Peregudova O.* Non-linear PI regulators in control problems for holonomic mechanical systems // Systems Science and Control Engineering. 2018. Vol.6. № 1. P. 12–19.
5. *Андреев А. С., Перегудова О. А.* Нелинейные регуляторы в задаче о стабилизации положения голономной механической системы // Прикладная математика и механика. 2018. Т. 82. Вып. 2. С. 156–176.
6. *Братусь А.С., Новожилов А.С., Платонов А.П.* Динамические системы и модели биологии. М.: Физматлит, 2010. 400 с.
7. *Колмановский В.Б.* О применении второго метода Ляпунова к разностным уравнениям Вольтерра // Автоматика и телемеханика. 1995. Вып. 11. С. 50-64.
8. *Колмановский В.Б.* Об устойчивости некоторых уравнений Вольтерры с дискретным временем // Прикладная математика и механика. 1999. Т. 63, Вып. 4. С. 561–567.
9. *Колмановский В.Б., Родионов А.М.* Об устойчивости некоторых дискретных процессов Вольтерра // Автоматика и телемеханика. 1995. Вып. 2. С. 3–13.
10. *Crisci M.R., Kolmanovskii V.B., Russo E., and Vecchio A.* Stability of continuous and discrete Volterra integro-differential equations by Liapunov approach // Journal of Integral Equations and Applications. 1995. Vol. 7. No 4. P. 393–411.
11. *LaSalle J.P.* The stability of dynamical systems. Philadelphia, Pennsylvania: Society for Industrial and Applied Mathematics, 1976. 76 p.
12. *Rouche, N., Habets, P., Laloy, M.* Stability Theory by Liapunov's Direct Method. New York: Springer. 1977.

01.01.03

Ф.М. Кадыров

Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Казань, farhad1987@mail.ru

ОДНОМЕРНАЯ ЗАДАЧА ФИЛЬТРАЦИОННОЙ КОНСОЛИДАЦИИ УПРУГОГО ПОЛУПРОСТРАНСТВА С РАЗРЫВНЫМИ НАЧАЛЬНЫМИ УСЛОВИЯМИ

Рассматривается процесс фильтрационной консолидации упругого насыщенного полупространства в условиях одностороннего сжатия под действием нормальной нагрузки на его поверхность. Считается, что сжимаемостью скелета и жидкости можно пренебречь и что объемные деформации скелета связаны с переупаковкой зерен. Получено аналитическое представление для перемещений скелета упругого полупространства и приближенное решение для плоской задачи консолидации при малом времени с использованием понятия области влияния.

Ключевые слова: *консолидация, упругое полупространство, нагрузка, давление.*

Введение

Фильтрационная консолидация – это процесс, связанный с уплотнением пористой среды под воздействием сжимающей поверхностной силы вследствие выдавливания насыщающей жидкости из пор.

Начало и развитие теории консолидации относится к работам К. Терцаги, Н.М. Герсеванова, В.А. Флорина, М. Био и др. По исследуемой тематике выполнены многие сотни работ, обзор которых дан в [1-3].

В настоящей работе подход, основанный на использовании понятия области влияния, применяется для отыскания аналитического представления для перемещений скелета упругого полупространства при одномерной консолидации и получения приближенного аналитического решения плоской задачи консолидации.

1. Одномерная консолидации упругого полупространства

Пусть декартовы координаты x, y, z полупространства удовлетворяют условиям $-\infty < x < \infty, -\infty < y < \infty$, $0 \le z < \infty$, t – время, σ_x, σ_y, σ_z – компоненты суммарных напряжений, σ_x^f, σ_y^f, σ_z^f – компоненты эффективных напряжений, ε_x, ε_y, ε_z – компоненты деформации, p – давление жидкости.

Рассматривается процесс фильтрационной консолидации насыщенного упругого пористого полупространства под действием мгновенно приложенной в момент времени $t = 0$ к границе $z = 0$ нормальной нагрузки $\Pi = \text{const}$.

Предполагается, что сжимаемостью зерен скелета и жидкости можно пренебречь, и что объемные деформации скелета связаны с переупаковкой зерен [4].

Математическая модель консолидации включает в себя полное уравнение движения (равновесия) фаз, уравнения неразрывности, закон фильтрации, реологические соотношения для пористого скелета, начальные и граничные условия [4, 5].

Интегрирование уравнения движения фаз по z и последующее дифференцирование по t приводит к равенству

$$\frac{\partial \sigma_z^f}{\partial t} = \frac{\partial p}{\partial t}. \qquad (1)$$

Из условия неразрывности с учетом закона фильтрации следует, что

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{k}{\mu_0}\Delta p, \tag{2}$$

где $\theta = \operatorname{div}\mathbf{u} = \varepsilon_{\mathbf{x}} + \varepsilon_y + \varepsilon_z$ – объемная деформация скелета, $\mathbf{u}$ – перемещения скелета, k – проницаемость скелета, μ_0 – вязкость жидкости.

Уравнения закона Гука в случае одностороннего сжатия таковы [6]:

$$\sigma_x^f = \sigma_y^f = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}\varepsilon_z,\ \sigma_z^f = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}\varepsilon_z,\ \varepsilon_x = \varepsilon_y = 0, \tag{3}$$

где E – модуль упругости Юнга, ν – коэффициент Пуассона.

Из соотношений (1)-(3) получим уравнение для давления жидкости

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \kappa\frac{\partial^2 p}{\partial z^2}, \tag{4}$$

где $\kappa = Ek(1-\nu)/[(1+\nu)(1-2\nu)\mu_0]$.

Начальные условия. Давление жидкости в начальный момент времени во всем объеме полупространства полностью воспринимается жидкостью [1, 5]:

$$p(z,0) = \Pi. \tag{5}$$

Эффективные напряжения σ_x^{f0}, σ_y^{f0}, σ_z^{f0} в начальный момент времени равны нулю.

Граничные условия. На границе для давления жидкости принимается условие по типу «высокопроницаемый поршень» [1]:

$$p(0,t) = 0. \tag{6}$$

Граничные условия для пористого скелета примем в виде

$$\sigma_z = \sigma_z^f - p = -\Pi.$$

Начальные и граничные условия разрывные.

Решение начально-краевой задачи (4)-(6) найдем в соответствии с [7, 8]:

$$p(z,t) = \frac{2\Pi}{\sqrt{\pi}}\int_0^{\zeta}\exp(-\zeta^2)d\zeta = \Pi\operatorname{erf}(\zeta), \tag{7}$$

тогда [1]

$$\sigma_z^f(z,t) = -\Pi(1-\operatorname{erf}(\zeta)), \tag{8}$$

где $\zeta = z/(2\sqrt{\kappa t})$.

Из (3), (8) получим формулу для перемещений скелета:

$$u_z = -\frac{(1+\nu)(1-2\nu)\Pi}{E(1-\nu)}\int_0^{\infty}(1-\operatorname{erf}(\zeta))dz. \tag{9}$$

Асимпотика решения (7) такова, что в каждый фиксированный момент времени давление жидкости стремится к своему первоначальному значению, когда z стремится к бесконечности, поскольку:

$$\operatorname{erf}(\zeta) = 1, \text{ при } \zeta \to \infty. \tag{10}$$

Фактически, когда $\zeta \geq 2$ функция $\operatorname{erf}(\zeta)$ практически соответствует единице, т.к. $\operatorname{erf}(2) \approx 0.99$ [7], т.е. в основой части области состояние системы близко к невозмущенному. Таким образом, используется понятие области влияния или области возмущения, вне которой течение можно считать невозмущенным, т.е. сохраняются начальные значения p [9]. Определим из (10) ширину области влияния:

$$z^*(t) \approx 4\sqrt{\kappa t}. \tag{11}$$

С учетом (11) рассмотрим интеграл (9) как сумму двух интегралов:

$$u_z = -\frac{(1+\nu)(1-2\nu)\Pi}{E(1-\nu)}\left(\int_0^{z^*(t)}(1-\operatorname{erf}(\zeta))dz + \int_{z^*(t)}^{\infty}(1-\operatorname{erf}(\zeta))dz\right). \qquad (12)$$

Второй интеграл выражения (12) практически обращается в нуль. Тогда окончательно получим:

$$u_z = -\frac{(1+\nu)(1-2\nu)\Pi}{E(1-\nu)}\int_0^{z^*(t)}(1-\operatorname{erf}(\zeta))dz.$$

При $t \to \infty$ перемещения скелета соответствуют известному решению в теории упругости [6]:

$$u_z = -\frac{(1+\nu)(1-2\nu)\Pi}{E(1-\nu)}.$$

3. Приближенное решение плоской задачи консолидации упругого полупространства

Математическая постановка и решение плоской задачи консолидации для упругого полупространства, находящегося под воздействием мгновенно приложенной вертикальной нагрузки, приводится в работе [10].

Воспользуемся приближением пограничного слоя [4, 11]. В уравнениях модели плоской задачи консолидации пренебрежем всеми производными по x. Тогда давление жидкости подчиняется уравнению теплопроводности для одномерной задачи консолидации (4). Приближенное решение для давления жидкости примет вид:

$$p(x,z,t) = C(x,z)\operatorname{erf}(\zeta).$$

Используя понятие области влияния с учетом (5), (7), (10), определим $C(x,z)$:

$$C(x,z) = p^0(x,z).$$

Начальное давление в общем виде получено в [10]:

$$p^0(x,z) = \frac{1}{\pi}\int_{-b}^{a}\frac{z\Pi(\xi)d\xi}{(x-\xi)^2+z^2},$$

где $S=[-b,a]$ – область приложения нагрузки $\Pi(\xi)$ на границе $z=0$.

Тогда приближенное решение окончательно запишется в следующем виде:

$$p(x,z,t) = \frac{1}{\pi}\int_{-b}^{a}\frac{z\Pi(\xi)d\xi}{(x-\xi)^2+z^2}\operatorname{erf}(\zeta).$$

Полученное приближенное решение справедливо для короткого промежутка времени после начала процесса консолидации.

Заключение

Получена формула для перемещений скелета упругого пористого полупространства в условиях одностороннего сжатия под действием нормальной нагрузки на его поверхность. В основу решения был положен подход, основанный на использовании понятия области влияния, в которой давление жидкости заметно отличается от своего первоначального значения. Размер области влияния пропорционален квадратному корню от времени. Также, используя понятие области влияния, получено приближенное решение плоской задачи консолидации, сводящееся к одномерному уравнению теплопроводности.

Список литературы

1. *Николаевский В.Н., Басниев К.С., Горбунов А.Т.* Механика насыщенных пористых сред. – М.: Недра, 1970.
2. *Shiffman R.L.* A bibliography of consolidation // Bear J., Corapcioglu M.Y. Fundamentals of transport phenomena in porous media. – Dordrecht: Martinus Nijhoff Publ., 1984. – P. 617–669.
3. *Selvadurai A.P.S.* The analytical method in geomechanics // Appl. Mech. Rev. – 2007. – V. 60. – P. 87-106.
4. *Егоров А.Г., Костерин А.В., Скворцов Э.В.* Консолидация и акустические волны в насыщенных пористых средах. – Казань: Изд. Казан. ун-та, 1990.
5. *Кадыров Ф.М.* Плоская задача консолидации с разрывными начальными условиями // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. – 2013. – Т. 155, кн. 3. – С. 63-70.
6. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теоретическая физика. В 10. т. Т VII. Теория упругости: учебное пособие. – 4-е изд., перераб. – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1987.
7. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теоретическая физика. В 10. т. Т VI. Гидродинамика: учебное пособие. – 3-е изд., перераб. – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1986.
8. *Дильман В.В., Полянин А.Д.* Методы модельных уравнений и аналогий в химической технологии. – М.: Химия, 1988.
9. *Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М.* Теория нестационарной фильтрации жидкости и газа. – М.: Недра, 1972.
10. *Кадыров Ф.М., Костерин А.В., Скворцов Э.В.* Плоская задача фильтрационной консолидации для упругого полупространства с разрывными начальными условиями // ПМТФ. – 2016. – Т. 57, №6. – С. 132–138.
11. *Коул Дж.* Методы возмущений в прикладной математике. – М.: Изд-во «Мир», 1972.

01.01.01

А.С. Калитвин д-р физ.-мат. наук, В.А. Калитвин канд. физ.-мат.наук,
И.В. Барышева канд. физ.-мат.наук

Липецкий государственный педагогический университет
имени П.П. Семенова-Тян-Шанского,
институт естественных, математических и технических наук,
кафедра математики и физики,
Финансовый университет при Правительстве РФ (Липецкий филиал),
кафедра «Информатика, математики и общегуманитарные науки»,
kalitvinas@mail.ru, kalitvin@mail.ru, barysheva_iv@mail.ru

О ЛИНЕЙНОМ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ УРАВНЕНИИ БАРБАШИНА С ЧАСТНЫМИ ИНТЕГРАЛАМИ

Задача Коши для линейного интегро-дифференциального уравнения Барбашина с частными интегралами сведена к эквивалентному линейному интегральному уравнению Вольтерра с частными интегралами, установлена обратимость этого уравнения, получено представление решения с использованием резольвентных ядер.

Ключевые слова: *линейное интегро-дифференциальное уравнение Барбашина с частными интегралами, линейное уравнение Вольтерра с частными интегралами, резольвента.*

1. Введение

В работе рассматривается интегро-дифференциальное уравнение Барбашина с частными интегралами (ИДУБ)

$$\frac{\partial x(z,t,s)}{\partial z} = f(z,t,s) + c(z,t,s)x(z,t,s) + \int_a^b l(z,t,s,\tau)x(z,\tau,s)d\tau + \int_c^d m(z,t,s,\sigma)x(z,t,\sigma)d\sigma + \int_a^b\int_c^d n(z,t,s,\tau,\sigma)x(z,\tau,\sigma)d\sigma d\tau \quad (1)$$

с начальным условием

$$x(z_0,t,s) = x_0(t,s). \quad (2)$$

Предполагается, что $z \in J$, где $J = [u_0, v_0]$ или $J = [a,+\infty)$, $t \in [a,b]$, $s \in [c,d]$, $[u_0, v_0]$, $[a,b]$ и $[c,d]$ - конечные отрезки, заданные функции c, f, x_0 непрерывны, функции l, m, n, измеримы, интегралы в (1) и далее понимаются в смысле Лебега.

С ИДУБ (1) связаны уравнения Колмогорова-Феллера и другие ИДУБ, моделирующие различные прикладные задачи [1–3]. Различные классы ИДУБ и их приложения изучались в [1], однако ИДУБ (1) до настоящего времени исследовано недостаточно.

Рассматриваемая в данной работе задача (1)-(2) преобразуется к эквивалентному интегральному уравнению Вольтерра с частными интегралами, устанавливается однозначная разрешимость интегрального уравнения и выписывается решение этого интегрального уравнения с использованием резольвентных ядер.

2. Сведение задачи к эквивалентному интегральному уравнению Вольтерра с частными интегралами при $J = [u_0, v_0]$

Через $X = C(C_z^{(1)}(J))$ обозначим множество функций $x(z,t,s)$, непрерывных вместе с частной производной по z на $G = J \times D$, где $D = [a,b] \times [c,d]$. X - банахово пространство относительно нормы $\| x \|_X = \sup_{z,t,s} (| x(z,t,s) | + | x_z'(z,t,s) |)$.

Пусть $C(L^1(\Omega))$ - множество измеримых на $G\times\Omega$ функций $y(z,t,s,\omega)$, непрерывных по $(z,t,s)\in G$ как функции со значениями в $L^1(\Omega)$, где $\Omega\in\{[a,b],[c,d],D\}$, $\omega\in\Omega$.. $C(L^1(\Omega))$ - банахово пространство относительно нормы $\|y\|=\sup\limits_G\|y(z,t,s,\cdot)\|_{L^1(\Omega)}$. Через $C(G)$ обозначим пространство непрерывных на G функций с супремум-нормой.

Под решением задачи (1)-(2) будем понимать функцию $x(z,t,s)$ из $X=C(C_z^{(1)}(J))$, удовлетворяющую ИДУБ (1) и начальному условию (2).

Теорема 1. *Если* $c\in C(G)$, $l\in C(L^1([a,b]))$, $m\in C(L^1([c,d]))$, $n\in C(L^1(D))$, *то при любой функции* $f\in C(G)$ *задача (1)-(2) с заданным начальным условием* $x_0\in C(D)$ *эквивалентна уравнению*

$$x(z,t,s)=g(z,t,s)+\int_{u_0}^{z}c(\tau,t,s)x(\tau,t,s)d\tau+\int_{u_0}^{z}\int_{a}^{b}l(\tau,t,s,\tau_1)x(\tau,\tau_1,s)d\tau d\tau_1+$$
$$+\int_{u_0}^{z}\int_{c}^{d}m(\tau,t,s,\sigma)x(\tau,t,\sigma)d\tau d\sigma+\int_{u_0}^{z}\int_{a}^{b}\int_{c}^{d}n(\tau,t,s,\tau_1,\sigma)x(\tau,\tau_1,\sigma)d\tau d\sigma d\tau_1= \quad (3)$$
$$=g(z,t,s)+(Kx)(z,t,s),$$

где $g(z,t,s)=\int_{u_0}^{z}f(\tau,t,s)d\tau$, а под решением уравнения (3) понимается непрерывная на G функция $x(z,t,s)$.

Для доказательства достаточно отметить, что в (3) под знаком интеграла от u_0 до z стоят непрерывные функции [1, 4-6].

Аналогично теореме 2.6 из [4], доказывается, что в услови теоремы 1 K есть ограниченный линейный оператор с равным нулю спектральным радиусом. Отсюда вытекает

Теорема 2. *В условии теоремы 1 уравнение (3) и эквивалентная ему задача (1)-(2) имеют единственное решение.*

Из теоремы 2 следует, что свойство однозначной разрешимости задачи (1)-(2) устойчиво относительно возмущений функциями $\tilde{c},\tilde{f}\in C(G)$, $\tilde{l}\in C(L^1([a,b]))$, $\tilde{m}\in C(L^1([c,d]))$, $\tilde{n}\in C(L^1(D))$.

Отметим, что утверждения теорем 1 и 2 анонсированы в [7].

3. Обратимость и резольвента интегрального уравнения (3) при $J=[u_0,v_0]$

Интегральное уравнение (3) назовем обратимым на $C(G)$, если на $C(G)$ существует ограниченный оператор $(I-K)^{-1}$.

В условии теоремы 1 линейный оператор K ограничен и его спектральный радиус равен нулю [4]. Поэтому существует ограниченный оператор $(I-K)^{-1}=I+K+K^2+\cdots+K^n+\cdots$. Из последнего равенства, с применением теоремы Фубини, вытекает

Теорема 3. *Если выполнено условие теоремы 1, то уравнение (3) обратимо и его единственное решение имеет вид*

$$x(z,t,s)=g(z,t,s)+\int_{u_0}^{z}r_1(\tau,t,s)g(\tau,t,s)d\tau+\int_{u_0}^{z}\int_{a}^{b}r_2(\tau,t,s,\tau_1)g(\tau,\tau_1,s)d\tau d\tau_1+$$
$$+\int_{u_0}^{z}\int_{c}^{d}r_3(\tau,t,s,\sigma)g(\tau,t,\sigma)d\tau d\sigma+\int_{u_0}^{z}\int_{a}^{b}\int_{c}^{d}r_4(\tau,t,s,\tau_1,\sigma)g(\tau,\tau_1,\sigma)d\tau d\sigma d\tau_1\equiv \quad (4)$$
$$\equiv(I-K)^{-1}g(z,t,s),$$

где резольвентные ядра r_1,r_2,r_3,r_4 есть некоторые функции из $C(G)$, $C(L^1([a,b]))$, $C(L^1([c,d]))$, $C(L^1(D))$ соответственно.

4. Однозначная разрешимость интегрального уравнения и задачи (1)/(2) при $J=[u_0,+\infty)$

Через X обозначим множество функций $x(z,t,s)$, непрерывных вместе с частной производной по z на $G=J\times D$, где $J=[u_0,+\infty)$, $D=[a,b]\times[c,d]$. В множестве X можно ввести счетную систему полунорм $\|x\|_n=\sup\limits_{[a,n]\times D}(|x(z,t,s)|+|x'_z(z,t,s)|)\,(x\in X)$, где $n>u_0$ - натуральное число. Тогда X является локально выпуклым пространством Фреше относительно расстояния

$$\rho(x,y)=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\|x-y\|_n}{2^n(1+\|x-y\|_n)},\ x,y\in X. \tag{5}$$

Через $X_n=C(C_z^{(1)}([u_0,n]))$ обозначим множество функций $x(z,t,s)$, непрерывных вместе с частной производной по z на $G_n=[u_0,n]\times D$, где $n>u_0$ - произвольное натуральное число, $D=[a,b]\times[c,d]$. X_n с нормой $\|x\|_n$ - банахово пространство.

Пусть $C(G)$ - пространство непрерывных на G функций с расстоянием

$$\rho(x,y)=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\|x-y\|_n^{(0)}}{2^n(1+\|x-y\|_n^{(0)})}, \tag{6}$$

где $x,y\in C(G)$, $\|x-y\|_n^{(0)}=\sup\limits_{[a,n]\times D}\{|x(z,t,s)|\}$. $C(G)$ - локально выпуклое пространство Фреше относительно расстояния (6).

Аналогично теореме 1, формулируются условия, при которых задача

(1)-(2) и интегральное уравнение (3) имеют в X_n и в пространстве $C(G_n)$ непрерывных на G_n функций, соответственно, единственное решение, где $n>u_0$ - произвольное натуральное число. В силу (5) отсюда следует, что $x,x'_t\in X$. Таким образом, справедлива

Теорема 4. *Если* $c\in C(G)$, $l\in C(L^1([a,b]))$, $m\in C(L^1([c,d]))$, $n\in C(L^1(D))$, *то при любой функции* $f\in C(G)$ *задача (1)-(2) с заданным начальным условием* $x_0\in C(D)$ *имеет в* X *единственное решение.*

Через X_0 обозначим банахово пространство непрерывных вместе со своими частными производными по z и ограниченных на G функций с нормой $\|x\|=\sup\limits_{(z,t,s)\in G}(|x(z,t,s)|+|x'_z(z,t,s)|)$. Очевидно вложение $X_0\subset X$.

Пусть $L^1(\Omega)$ - пространство суммируемых функций на $\Omega\in\{J,J\times[a,b],J\times[c,d],J\times D\}$. Через $\chi_r(\tau)$ обозначим характеристическую функцию промежутка (r,∞): функция $\chi_r(\tau)$ принимает значение 1 при $\tau>r$ и значение 0 при $\tau\le r$. Из теоремы 4 вытекает

Теорема 5. *Если выполнено условие теоремы 4 и существует такое число* $r\ge u_0$, *что при* $\tau>r$

$$\|\chi_r(\tau)r_1(\tau,t,s)\|_{L^1(J)}\le\varepsilon,\ \|\chi_r(\tau)r_2(\tau,t,s,\tau_1)\|_{L^1(J\times[a,b])}\le\varepsilon,$$

$$\|\chi_r(\tau)r_3(\tau,t,s,\sigma)\|_{L^1(J\times[c,d])}\le\varepsilon,\ \|\chi_r(\tau)r_4(\tau,t,s,\tau_1,\sigma)\|_{L^1(J\times D)}\le\varepsilon,$$

где $\varepsilon<1$, *нормы в* $L^1(J)$, $L^1(J\times[a,b])$, $L^1(J\times[c,d])$, $L^1(J\times D)$, *вычисляются как нормы функций переменных* τ, (τ,τ_1), (τ,σ), (τ,τ_1,σ), *то задача (1)-(2) имеет в* X_0 *единственное решение.*

Список литературы

1. *Appell J.M., Kalitvin A.S., Zabrejko P.P*. Partial Integral Operators and Integro-Differential Equations. - New York-Basel: Marcel Dekker, 2000. - 560 p.
2. *Агекян Т.А.* Теория вероятностей для астрономов и физиков. - М.: Наука, 1974. - 264 с.
3. *Гнеденко Б.В.* Курс теории вероятностей. - М.: Наука, 1988. - 444 с.
4. *Калитвин А.С., Калитвин В.А*. Интегральные уравнения Вольтерра и Вольтерра-Фредгольма с частными интегралами. - Липецк: ЛГПУ, 2006. - 177 с.
5. *Калитвин А.С., Фролова Е.В*. Линейные уравнения с частными интегралами. С -теория. - Липецк: ЛГПУ, 2004. - 195 с.
6. *Калитвин А.С.* Линейные операторы с частными интегралами. - Воронеж: ЦЧКИ, 2000. - 252 с.
7. *Барышева И.В., Калитвин А.С.* О разрешимости интегро-дифференциальных уравнений с частными интегралами // Дифференциальные уравнения и их приложеия. Материалы междунар. конф. Белгород 26-31 мая 2013 г. - Белгород: ИПК НИУ БелГУ, 2013. - С.32–33.

01.01.02

Е.А. Логинова канд. физ.-мат. наук

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
математический факультет,
кафедра уравнений в частных производных и теории вероятностей,
Воронеж, loginova@vsu.ru

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ТЕПЛА В КРУГОВОМ ЦИЛИНДРЕ С РАЗРЕЗОМ

Работа посвящена задаче распределения тепла по поверхности кругового цилиндра с разрезом по отрезку, параллельному направляющей цилиндра. Построено аналитическое решение рассматриваемой задачи. Изучение качественных свойств решения позволило доказать выполнение граничных условий, а также изучить гладкость решения и выделить сингулярные члены асимптотических разложений решения и его первых производных по малому параметру – расстоянию до концевых точек границы.

Ключевые слова: *распределение тепла по поверхности цилиндра, тепловые потоки, граничные условия, асимптотические представления.*

В последнее время весьма актуальными являются задачи теплопроводности, упругости, теплоупругости для композитных материалов с трещинами [1].

В работе рассматривается задача, описывающая распределение тепла в материале, представляющем собой поверхность бесконечного кругового цилиндра Γ (осевая координата точки поверхности x, полярная координата φ) с трещиной (разрезом) l, где $l = \{(x,\varphi)\big|-1 \le x \le 1, \varphi = 0, \varphi = 2\pi\}$.

$$\frac{\partial^2 u(x,\varphi)}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 u(x,\varphi)}{\partial x^2} + k\frac{\partial u(x,\varphi)}{\partial \varphi} = 0; \quad (1)$$

$$u(x;0) - \exp(\pi k)u(x,2\pi) = q_0(x); \quad (2)$$

$$\frac{k}{2}(u(x,0) - \exp(k\pi)u(x,2\pi)) + \frac{\partial u(x,0)}{\partial \varphi} - \exp(k\pi)\frac{\partial u(x,2\pi)}{\partial \varphi} = q_1(x). \quad (3)$$

Здесь искомая функция $u(x,\varphi)$ - значение температуры в точке (x,φ), $q_0(x)$, $q_1(x)$ - известные функции.

Определение. Решением задачи (1) – (3) назовём 2π - периодическую по переменной φ функцию $u(x;\varphi)$ при $x \notin [-1;1]$ дважды непрерывно дифференцируемую и удовлетворяющую уравнению (1); при $x \in [-1;1]$ удовлетворяющую граничному условию (2) по непрерывности [2], граничному условию (3) в смысле главного значения, такую что функции $u(x,\varphi)$, $(1 \pm x)\frac{\partial u(x,\varphi)}{\partial x}$, $\frac{\partial u(x,\varphi)}{\partial \varphi} - \frac{\partial u(x,2\pi-\varphi)}{\partial \varphi}$, $\sqrt{(1 \pm x)^2 + \varphi^2}\,\frac{\partial u(x,\varphi)}{\partial \varphi}$, $\sqrt{(1 \pm x)^2 + (2\pi - \varphi)^2}\,\frac{\partial u(x,\varphi)}{\partial \varphi}$ ограничены в окрестности отрезка l.

Теорема 1. *Пусть функции* $q_0(x)$, $q_1(x)$ *определены на отрезке* $[-1;1]$ *и* $q_0(x), q_1(x) \in C^1([-1;1])$. *Пусть также справедливы равенства* $\int_{-1}^{1} q_r(x)dx = 0$, $r = 0;1$.

Тогда решение задачи (1) – (3) представимо в виде

$$u(x,\varphi)=\frac{e^{-\frac{k}{2}\varphi}}{4\pi}\int\limits_{-\infty}^{+\infty}\left(\left(\int\limits_{-1}^{1}e^{iys}q_0(y)dy\right)\cdot\frac{e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}\varphi}-e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}(2\pi-\varphi)}}{1-e^{-2\pi\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}}}+\right.$$
$$\left.+\int\limits_{-\infty}^{+\infty}\left(\int\limits_{-1}^{1}e^{iys}q_1(y)dy\right)\frac{-e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}\varphi}-e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}(2\pi-\varphi)}}{\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}(1-e^{-2\pi\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}})}\right)\cdot e^{-ixs}ds \tag{4}$$

и является непрерывной по совокупности переменных на любом компакте $K\subset\Gamma$ *функцией, бесконечно дифференцируемой в любой точке из множества* $\Gamma\setminus l$. *Граничное условие (2) выполнено по непрерывности [2]. Первые производные решения удовлетворяют граничному условию (3) в смысле главного значения.*

Теорема 2. *Пусть функции* $q_0(x),q_1(x)\in C^1([-1;1])$. *Тогда справедливы следующие асимптотические при* $x\to\pm1$, $\varphi\to2\pi n$, $n=0,1$ *представления производных компонент решения задачи (1) – (3)*

$$\frac{\partial u}{\partial x}=\frac{1}{2\pi}\left(-\frac{q_0(1)\varphi}{\varphi^2+(1-x)^2}+\frac{q_0(-1)\varphi}{\varphi^2+(1+x)^2}+\frac{(2\pi-\varphi)q_0(1)}{(2\pi-\varphi)^2+(1-x)^2}-\right.$$
$$-\frac{(2\pi-\varphi)q_0(-1)}{(2\pi-\varphi)^2+(1+x)^2}-q_1(1)\ln\sqrt{\varphi^2+(x-1)^2}+q(-1)\ln\sqrt{\varphi^2+(x+1)^2}- \tag{5}$$
$$\left.-q_1(1)\ln\sqrt{(2\pi-\varphi)^2+(x-1)^2}+q_1(-1)\ln\sqrt{(2\pi-\varphi)^2+(x+1)^2}\right)+\tilde{R};$$
$$\frac{\partial u}{\partial\varphi}=\frac{1}{2\pi}\left(\frac{q_0(1)(x-1)}{\varphi^2+(x-1)^2}-\frac{q_0(-1)(x+1)}{\varphi^2+(x+1)^2}+\frac{q_0(1)(x-1)}{(2\pi-\varphi)^2+(x-1)^2}-\right.$$
$$\left.-\frac{q_0(-1)(x+1)}{(2\pi-\varphi)^2+(x+1)^2}\right)+\hat{R}. \tag{6}$$

Здесь $\tilde{R};\hat{R}$ *- ограниченные на любом компакте* $K\subset\Gamma$ *функции.*

Для доказательства теорем введём замену $u(x,\varphi)=e^{-\frac{k}{2}\varphi}v(x,\varphi)$.

Задача (1) – (3) перейдёт в задачу

$$\frac{\partial^2v(x,\varphi)}{\partial\varphi^2}+\frac{\partial^2v(x,\varphi)}{\partial x^2}-\frac{k^2}{4}v(x;\varphi)=0; \tag{7}$$
$$v(x,0)-v(x,2\pi)=q_0(x); \tag{8}$$
$$\frac{\partial v(x,0)}{\partial\varphi}-\frac{\partial v(x,2\pi)}{\partial\varphi}=q_1(x). \tag{9}$$

Будем считать, что функции $q_0(x),q_1(x)$ продолжены нулем вне отрезка $[-1,1]$.

Применяя преобразование Фурье $F_{x\to s}$ [3, с. 158-175] к левой и правой частям равенств (7) - (8) получим задачу

$$\frac{\partial^2\tilde{v}(s,\varphi)}{\partial\varphi^2}-s^2\tilde{v}(s,\varphi)-\frac{k^2}{4}\tilde{v}(s,\varphi)=0; \tag{10}$$
$$\tilde{v}(s,0)-\tilde{v}(s,2\pi)=\tilde{q}_0(s); \tag{11}$$

$$\frac{\partial \tilde{v}(s,0)}{\partial \varphi} - \frac{\partial \tilde{v}(s,2\pi)}{\partial \varphi} = \tilde{q}_1(s); \qquad (12)$$

где $F_{x\to s}v(x,\varphi) = \tilde{v}(s,\varphi)$, $F_{x\to s}q_0(x) = \tilde{q}_0(s)$, $F_{x\to s}\tilde{q}_1(x) = \tilde{q}_1(s)$.

Общее решение уравнения (10) задаётся равенством

$$\tilde{v}(s,\varphi) = c_1(s)e^{\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}\varphi} + c_2(s)e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}\varphi},$$

откуда, учитывая условия (11), (12), применяя обратное преобразование Фурье и обратную замену, получаем представление (4). Для изучения гладкости полученного решения область интегрирования $(-\infty,+\infty)$ разбивается на три промежутка $|s|<\delta$, $\delta<|s|<N$, $|s|>N$, где δ - произвольное сколь угодно малая величина, N - произвольная сколь угодно большая величина. В результате такого разбиения функция $u(x,\varphi)$ записывается как сумма трех интегралов. На основании оценок получившихся интегралов делается вывод о гладкости функции $u(x,\varphi)$. Граничное условие (2) выполнено в следствие непрерывности решения вблизи границы области – разреза l. Выполнение граничного условия (3) в смысле главного значения доказывается непосредственной подстановкой.

Для доказательства теоремы 2 выписываются явные представления производных решения $\frac{\partial u(x,\varphi)}{\partial x}$, $\frac{\partial u(x,\varphi)}{\partial \varphi}$.

$$\frac{\partial u(x,\varphi)}{\partial \varphi} = \frac{e^{-\frac{k}{2}\varphi}}{4\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}(-ise^{-ixs})\left(\left(\int_{-1}^{1}e^{iys}q_0(y)dy\right)\cdot\frac{e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}\varphi}-e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}(2\pi-\varphi)}}{1-e^{-2\pi\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}}}+\right.$$

$$\left.+\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\int_{-1}^{1}e^{iys}q_1(y)dy\right)\frac{-e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}\varphi}-e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}(2\pi-\varphi)}}{\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}(1-e^{-2\pi\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}})}\right)\cdot e^{-ixs}ds;$$

$$\frac{\partial u(x,\varphi)}{\partial \varphi} = -\frac{ke^{-\frac{k}{2}\varphi}}{8\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\left(\int_{-1}^{1}e^{iys}q_0(y)dy\right)\cdot\frac{e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}\varphi}-e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}(2\pi-\varphi)}}{1-e^{-2\pi\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}}}+\right.$$

$$\left.+\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\int_{-1}^{1}e^{iys}q_1(y)dy\right)\frac{-e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}\varphi}-e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}(2\pi-\varphi)}}{\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}(1-e^{-2\pi\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}})}\right)\cdot e^{-ixs}ds+\right.$$

$$+\frac{e^{-\frac{k}{2}\varphi}}{4\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\left(\int_{-1}^{1}e^{iys}q_0(y)dy\right)\cdot\frac{e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}\varphi}(-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2})-e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}(2\pi-\varphi)}(\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2})}{1-e^{-2\pi\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}}}+\right.$$

$$\left.+\int_{-\infty}^{+\infty}\left(\int_{-1}^{1}e^{iys}q_1(y)dy\right)\frac{-e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}\varphi}(\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2})+e^{-\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}(2\pi-\varphi)}(\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2})}{\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}(1-e^{-2\pi\sqrt{\frac{k^2}{4}+|s|^2}})}\right)\cdot e^{-ixs}ds.$$

Также как и в доказательстве теоремы 1 область интегрирования $(-\infty,+\infty)$ в представлениях $\frac{\partial u(x,\varphi)}{\partial x}$, $\frac{\partial u(x,\varphi)}{\partial \varphi}$ делится на три промежутка $|s|<\delta$, $\delta<|s|<N$, $|s|>N$, каждая из функций $\frac{\partial u(x,\varphi)}{\partial x}$, $\frac{\partial u(x,\varphi)}{\partial \varphi}$ рассматривается и оценивается отдельно на каждом промежутке, постепенно отделяются части интегралов, представляющие собой непрерывные на любом компакте $K\subset\Gamma$ функции. Остальные части приводятся к интегралам, рассмотренным в [4] и им подобным. Таким образом, показывается справедливость асимптотических представлений (5), (6).

Список литературы

1. *Lei W.-S.* Non oscillatory and non-singular asymptotic solutions to stress fields at interface cracks // Willey Publishing Ltd. Fatigue Fract Engng Mater Struct. - 2017. - P. 1-18.
2. *Glushko A.V., Ryabenko A.S., Petrova V.E., Loginova E.A.* Heat distribution in a plane with a crack with a variable coefficient of thermal conductivity // Asymptotic Analysis. - 2016. - V. 98. - P. 285-307.
3. *Владимиров В.С.* Уравнения математической физики: учеб. Пособие.-М.:Наука, 1981.-512с.
4. *Черникова А.С.* Асимптотические представления решения и его первых производных задачи о стационарном распределении тепла в биматериале вблизи межфазной трещины // Вестник Воронежского Государственного Университета. Серия. Физика, Математика. - 2014. - № 1. - С. 188-206.

01.01.01

К.В. Осипян, К.М. Расулов д-р физ.-мат. наук

Смоленский государственный университет,
физико-математический факультет,
кафедра математического анализа,
Смоленск, kahrimanr@yandex.ru

О НЕТЕРОВОСТИ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТИПА ЗАДАЧИ КАРЛЕМАНА В КЛАССАХ МЕТААНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В НЕВЫРОЖДЕННОМ СЛУЧАЕ

В статье рассматривается краевая задача типа задачи Карлемана в классах метааналитических функций. Установлено, что в так называемом невырожденном случае рассматриваемая задача является нетеровой и допускает полное описание картины ее разрешимости. Сформулированы некоторые нерешенные проблемы.

Ключевые слова: *метааналитическая функция, краевая задача типа задачи Карлемана, картина разрешимости, нетеровость.*

Пусть T^+ – конечная односвязная область на плоскости переменного $z = x + iy$, ограниченная простым замкнутым контуром Ляпунова L.

В работе авторов [1] впервые рассматривалась следующая краевая задача: *требуется найти все метааналитические в области* T^+ *функции* $F(z)$ *класса* $M_2(T^+) \cap H(L)$, *удовлетворяющие на* L *краевым условиям:*

$$F^+[\alpha(t)] = G_0(t)\overline{F^+(t)} + g_0(t), \tag{1}$$

$$\frac{\partial F^+[\alpha(t)]}{\partial \bar{t}} - \lambda F^+[\alpha(t)] = G_1(t)\overline{\left(\frac{\partial F^+(t)}{\partial \bar{t}} - \lambda F^+(t)\right)} + g_1(t), \tag{2}$$

где $\alpha(t)$ *– прямой сдвиг контура, для которого выполняется условие*

$$\alpha[\alpha(t)] = t, \tag{3}$$

λ *- корень характеристического уравнения* $\lambda^2 + A_1\lambda + A_0 = 0$, *а* $G_k(t)$ *и* $g_k(t)$ $(k = 0, 1)$ *– заданные на* L *функции, удовлетворяющие условию Гёльдера.*

Следуя [1], сформулированную задачу будем называть *задачей* $\boldsymbol{K}_M$, а соответствующую однородную задачу ($g_k(t) \equiv 0$, $k = 0, 1$) - *задачей* $\boldsymbol{K}_M^0$.

В работе [1] был получен конструктивный алгоритм решения задачи $\boldsymbol{K}_M$. Основной целью настоящей работы является исследование картины разрешимости задача $\boldsymbol{K}_M$ и установление условий её нетеровости.

Ради краткости изложения в дальнейшем будем подробно исследовать задачу $\boldsymbol{K}_M$ в классе метааналитических функций *первого типа*, то есть в классе функций, представимых в виде (см. [2, с. 139]):

$$F(z) = [\varphi_0^+(z) + \bar{z}\varphi_1^+(z)]\exp(\lambda_0 \bar{z}), \tag{4}$$

где λ_0 – двукратный корень характеристического уравнения $\lambda^2 + A_1\lambda + A_0 = 0$, *а* $\varphi_0^+(z), \varphi_1^+(z)$ – аналитические в T^+ функции, называемые *аналитическими компонентами* метааналитической функции $F(z)$. Нетрудно проверить, что в этом случае равенства (1) и (2) можно переписать соответственно в виде

$$F_0^+[\alpha(t)] = G_{10}(t)\overline{F_0^+(t)} + g_{10}(t), \tag{5}$$

$$\varphi_1^+[\alpha(t)] = G_{11}(t)\overline{\varphi_1^+(t)} + g_{11}(t). \quad (6)$$

где приняты следующие обозначения: $F_0^+(t) = \varphi_0^+(t) + \bar{t}\varphi_1^+(t)$, $G_{1k}(t) = G_k(t)\cdot\exp\left\{\overline{\lambda}_0 t - \lambda_0\overline{\alpha(t)}\right\}$, $g_{1k}(t) = g_k(t)\cdot\exp\left\{\overline{\lambda}_0 t - \lambda_0\overline{\alpha(t)}\right\}$, $k = 0,1$.

В силу (3) из (5) и (6) получим соответственно (см. также [3, с. 172]):

$$\left\{1 - G_{10}[\alpha(t)]\overline{G_{10}(t)}\right\}\cdot F_0^+(t) = G_{10}[\alpha(t)]\overline{g_{10}(t)} + g_{10}[\alpha(t)]. \quad (7)$$

$$\left\{1 - G_{11}[\alpha(t)]\overline{G_{11}(t)}\right\}\cdot \varphi_1^+(t) = G_{11}[\alpha(t)]\overline{g_{11}(t)} + g_{11}[\alpha(t)]. \quad (8)$$

Из соотношений (7) и (8) следует, что картину разрешимости задачи $\boldsymbol{K}_M$ целесообразно изучать отдельно в каждом из следующих трех случаев:

а) *вырожденный случай,* т.е. когда на L выполняются условия:

$$1 - G_{1k}[\alpha(t)]\overline{G_{1k}(t)} \neq 0,\ G_{1k}[\alpha(t)]\overline{g_{1k}(t)} + g_{1k}[\alpha(t)] \neq 0,\quad t \in L,\ k = 0,1. \quad (9)$$

б) *невырожденный случай,* т.е. когда на L выполняются условия:

$$1 - G_{1k}[\alpha(t)]\overline{G_{1k}(t)} \equiv 0,\ G_{1k}[\alpha(t)]\overline{g_{1k}(t)} + g_{1k}[\alpha(t)] \equiv 0,\quad t \in L,\ k = 0,1. \quad (10)$$

в) все остальные случаи (их мы будем называть в дальнейшем *исключительными случаями*).

Поскольку при выполнении условий (9) равенства (5) и (6) равносильны соответственно следующим двум равенствам:

$$\varphi_0^+(t) = \frac{G_{10}[\alpha(t)]\overline{g_{10}(t)} + g_{10}[\alpha(t)]}{\left\{1 - G_{10}[\alpha(t)]\overline{G_{10}(t)}\right\}} - \bar{t}\varphi_1^+(t), \quad (11)$$

$$\varphi_1^+(t) = \frac{G_{11}[\alpha(t)]\overline{g_{11}(t)} + g_{11}[\alpha(t)]}{1 - G_{11}[\alpha(t)]\overline{G_{11}(t)}}, \quad (12)$$

то в *вырожденном случае* решение исходной задачи $\boldsymbol{K}_M$ сводится к последовательному решению двух задач *об аналитическом продолжении* (12) и (11) относительно функций $\varphi_1^+(z)$ и $\varphi_0^+(z)$ соответственно. Как известно (см., например, [4, с. 252]), задача об аналитическом продолжении *не является нетеровой*, а, значит, в силу формулы (4) в *вырожденном случае* задача $\boldsymbol{K}_M$ также *не является нетеровой*.

Далее рассмотрим случай, когда выполняются условия (10) (т.е. *невырожденный случай*). В этом случае равенство (6) есть краевое условие классической краевой задачи типа Карлемана относительно аналитической функции $\varphi_1^+(z)$, и для неё известен следующий результат (см., например, [3, с. 188]): *если индекс задачи* $\chi_1 = \frac{1}{2\pi}\left\{\arg G_{11}(t)\right\}_L = 2m_1 \geq 0$, *то задача* (6) *безусловно разрешима и ее общее решение задается формулой*

$$\varphi_1^+(z) = X_{11}^+(z)\sum_{j=0}^{\chi_1}\beta_j W_j(z) + \frac{X_{11}^+(z)}{2\pi i}\int_L \frac{\varphi_{11}[\alpha(\tau)]}{\tau - z}d\tau, \quad (13)$$

где $X_{11}^+(z)$ *– каноническая функция задачи,* $X_{11}^+(z)\sum_{j=0}^{\chi_1}\beta_j W_j(z)$ *– общее решение соответствующей однородной задачи, а* $\frac{X_{11}^+(z)}{2\pi i}\int_L \frac{\varphi_{11}[\alpha(\tau)]}{\tau - z}d\tau$ *– частное решение данной неоднородной задачи типа Карлемана,* $\varphi_{11}(t)$ *– решение определенного интегрального уравнения Фредгольма, а* $\beta_0, \beta_1, ..., \beta_{\chi_1}$ *– произвольные действительные постоянные (т.е. общее решение задачи* (6) *содержит* $l_1 = \chi_1 + 1$ *произвольных действительных постоянных);*

если же индекс $\chi_1 < 0$, *то для разрешимости задачи* (6) *необходимо и достаточно выполнение* $p_1 = -\chi_1 - 1$ *условий разрешимости вида*

$$\operatorname{Im}\left\{\frac{1}{2\pi i}\int_L \frac{\varphi_{11}[\alpha(\tau)]}{\tau^{j+1}}d\tau\right\} = 0, \quad \operatorname{Re}\left\{\frac{1}{2\pi i}\int_L \frac{\varphi_{11}[\alpha(\tau)]}{\tau^{q+1}}d\tau\right\} = 0, \tag{14}$$

$$j = 0, 1, \ldots, -m_1 - 1; \quad q = 1, 2, \ldots, -m_1 - 1,$$

причем, при выполнении условий (14), *она имеет единственное решение.*

Итак, при выполнении условий (10) задача типа Карлемана (6) является *нетеровой* (см. [2, с. 30]), т.е. она является *нормально разрешимой* и оба числа $l_1 = \max\{0, \chi_1 + 1\}$ и $p_1 = \max\{0, -\chi_1 - 1\}$ являются *конечными*.

Так как $F_0^+(t) = \varphi_0^+(t) + \bar{t}\varphi_1^+(t)$, то равенство (5) можно переписать в виде

$$\varphi_0^+[\alpha(t)] = G_{10}(t)\overline{\varphi_0^+(t)} + Q_{10}(t), \tag{15}$$

где

$$Q_{10}(t) = g_{10}(t) - \overline{\alpha(t)}\cdot\varphi_1^+[\alpha(t)] + tG_{10}(t)\overline{\varphi_1^+(t)}. \tag{16}$$

Предположим, что задача типа Карлемана (6) является разрешимой и уже найдено ее решение $\varphi_1^+(z)$. Тогда подставив граничные значения $\varphi_1^+(t)$ найденной функции $\varphi_1^+(z)$ в правую часть (16), получим задачу типа Карлемана (15) относительно функции $\varphi_0^+(z)$, для которой выполняются условия: $1 - G_{10}[\alpha(t)]\overline{G_{10}(t)} \equiv 0$, $G_{10}[\alpha(t)]\overline{Q_{10}(t)} + Q_{10}[\alpha(t)] \equiv 0$. Но в этом случае задача типа Карлемана (15) является *нетеровой* (см. [3, с. 188]), причем число p_0 условий ее разрешимости и число l_0 линейно независимых решений соответствующей однородной задачи определяются так: $p_0 = \max\{0, -\chi_0 - 1\}$ и $l_0 = \max\{0, \chi_0 + 1\}$, где $\chi_0 = \frac{1}{2\pi}\{\arg G_{10}(t)\}_L$.

Итак, в случае разрешимости обеих краевых задач типа Карлемана (6) и (15), будет разрешимой и задача $\boldsymbol{K}_M$, причем ее общее решение можно задавать формулой (4), где $\varphi_1^+(z)$ и $\varphi_0^+(z)$ – общие решения краевых задач типа Карлемана (6) и (15) соответственно.

В дальнейшем число $\chi = \chi_0 + \chi_1$ будем называть *суммарным индексом* краевой задачи $\boldsymbol{K}_M$, а числа χ_0 и χ_1 – *частными индексами* этой задачи. Через l будем обозначать число линейно независимых (над полем $\boldsymbol{R}$) решений *однородной* задачи $\boldsymbol{K}_M^0$, а через p – число условий разрешимости *неоднородной* задачи $\boldsymbol{K}_M$.

Исследуем теперь картину разрешимости задачи $\boldsymbol{K}_M$ *в невырожденном случае* при всевозможных значениях χ_0 и χ_1.

1. Пусть $\chi_0 \geq 0$ и $\chi_1 \geq 0$. В этом случае обе задачи типа Карлемана (6) и (15) безусловно разрешимы, т.е. $l_0 = \chi_0 + 1$, $l_1 = \chi_1 + 1$, $p_0 = 0$, $p_1 = 0$. Значит, в силу (4) будем иметь: $l = l_0 + l_1 = \chi + 2$, $p = p_0 + p_1 = 0$.

2. Пусть $\chi_0 \geq 0$ и $\chi_1 < 0$. Так как в данном случае $l_0 = \chi_0 + 1$, $p_0 = 0$, $l_1 = 0$, $p_1 = -\chi_1 - 1$, то в силу (4) имеем: $l = \chi_0 + 1$ и $p = -\chi_1 - 1$.

3. Пусть $\chi_0 < 0$ и $\chi_1 \geq 0$. Поскольку решение задачи $\boldsymbol{K}_M$ получается по формуле (4) последовательным решением краевых задач (6) и (15), то при $\chi_1 \geq 0$ в выражении функции $Q_{10}(t)$, задаваемой формулой (16), содержится $l_1 = \chi_1 + 1$ произвольных действительных постоянных $\beta_0, \beta_1, ..., \beta_{\chi_1}$. Следовательно, при $\chi_0 < 0$ некоторые из $p_0 = -\chi_0 - 1$ условий разрешимости краевой задачи (15) можно удовлетворять за счет определенного выбора

значений некоторых постоянных $\beta_0, \beta_1, ..., \beta_{\chi_1}$, т.е. в этом случае общее решение задачи $\boldsymbol{K}_M$ может содержать лишь $\chi_1 - s + 1$ *произвольных действительных* постоянных, где s – ранг определенной матрицы, т.е. $0 \le s \le \min\{-\chi_0 - 1, \chi_1 + 1\}$. Значит, в данном случае $l = \chi_1 - s + 1$, $p = -\chi_0 - s - 1$.

4. Наконец, пусть $\chi_0 < 0$ и $\chi_1 < 0$. В этом случае $l_0 = 0$, $l_1 = 0$, $p_0 = -\chi_0 - 1$, $p_1 = -\chi_1 - 1$. Значит, $l = 0$ и $p = -\chi_0 - \chi_1 - 2$.

Таким образом, при выполнении условий (10) краевая задача $\boldsymbol{K}_M$ является *нетеровой*.

Из приведенных выше рассуждений вытекает справедливость следующего утверждения.

Теорема 1. *Если выполняются условия* (9), *то краевая задача* $\boldsymbol{K}_M$ *не является нетеровой. Если же выполняются условия* (10), *то краевая задача* $\boldsymbol{K}_M$ *является нетеровой.*

Вопрос о нетеровости краевой задачи $\boldsymbol{K}_M$ *в исключительных случаях* пока остается не исследованным.

Список литературы

1. *Осипян К.В., Расулов К.М.* Модельная краевая задача типа задачи Карлемана в классах метааналитических функций // Системы компьютерной математики и их приложения: материалы междунар. конф. Вып. 19 / СмолГУ. – Смоленск, 2018. – С. 299-305.
2. *Расулов К.М.* Краевые задачи для полианалитических функций и некоторые их приложения. – Смоленск: Изд-во СГПУ, 1998. – 344 с.
3. *Литвинчук Г.С.* Краевые задачи и сингулярные интегральные уравнения со сдвигом. – М: Наука, 1977. – 448 с.
4. *Гахов Ф.Д.* Краевые задачи. – М: Наука, 1977. – 640 с.

01.01.01

К.М. Расулов д-р физ.-мат. наук, Т.И. Тимофеева

Смоленский государственный университет,
физико-математический факультет,
кафедра математического анализа,
Смоленск, kahrimanr@yandex.ru, tat.timopheeva@yandex.ru

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ РЕШЕНИЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТИПА ГИЛЬБЕРТА ДЛЯ КВАЗИГАРМОНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Рассматривается краевая задача типа задачи Гильберта для квазигармонических функций. Устанавливается неустойчивость решений неоднородной краевой задачи типа задачи Гильберта для квазигармонических функций первого рода по отношению к малым изменениям носителя краевых условий.

Ключевые слова: *краевая задача Гильберта, квазигармоническая функция, дифференциальное уравнение, носитель краевых условий, неустойчивость.*

1. Постановка задачи. Будем рассматривать конечную односвязную область T^+ на плоскости комплексного переменного $z = x + iy$, ограниченную замкнутым гладким контуром L.

Рассмотрим следующую краевую ***задачу*** $\boldsymbol{\Gamma_n}$ (см. также [1-2])*: требуется найти все квазигармонические функции* $W(z)$ *рода* $n\,(n \geq 1)$ *в области* T^+ *принадлежащие классу* $\boldsymbol{Q}_n(T^+) \cap H^{(n)}(L)$ *и удовлетворяющие на контуре* L *следующему краевому условию:*

$$\mathrm{Re}\left\{\overline{h(t)} \cdot W(t)\right\} = q(t), \tag{1}$$

где $h(t) = a(t) + ib(t)$ *– заданная на контуре* L *функция класса* $H(L)$ (*т.е. удовлетворяющая условию Гельдера на* L).

Соответствующую $\boldsymbol{\Gamma}_n$ *однородную задачу* ($q(t) \equiv 0$) будем называть *задачей* $\boldsymbol{\Gamma}_n^0$.

В работе [1] был разработан эффективный способ построения общего решения задачи $\boldsymbol{\Gamma_n}$ в случае, когда $T^+ = \{z : |\, z \,| < 1\}$. А в работе авторов [2] построена картина разрешимости однородной задачи $\boldsymbol{\Gamma}_n^0$ в произвольных круговых областях при $n = 1$. Основной целью настоящей заметки является доказательство *неустойчивости решений* неоднородной краевой задачи $\boldsymbol{\Gamma}_1$ *по отношению к малым изменениям носителя краевых условий* в случае, когда носителем краевых условий служит окружность $L_r = \{t : |\, t \,| = r\},\ r > 0\}$ и $n = 1$.

2. О решении неоднородной задачи $\boldsymbol{\Gamma_n}$ в случае $n = 1$ и $T^+ = T_r^+ = \{z : |\, z \,| < r\},\ r > 0\}$. Известно (см., например, [1-3]), что всякую квазигармоническую функцию $W(z)$ из класса $\boldsymbol{Q}_1(T_r^+) \cap H^{(1)}(L_r)$ можно представить в виде

$$W(z) = \frac{d\varphi^+(z)}{dz} - \frac{2\bar{z}}{1 + z\bar{z}}\varphi^+(z), \quad z \in T_r^+, \tag{2}$$

где $\varphi^+(z)$ – аналитическая функция из класса $\boldsymbol{A}(T_r^+) \cap H^{(1)}(L_r)$, называемая *аналитической компонентой* искомой квазигармонической функции $W(z)$. Поэтому в рассматриваемом случае будем искать решения задачи $\boldsymbol{\Gamma}_1$ в виде (2). С учетом (2) краевое условие (1) можно переписать так:

$$\mathrm{Re}\left\{\frac{\overline{h(t)}}{t}\cdot\left[t\frac{d\varphi^{+}(z)}{dz}-\frac{2r^{2}}{1+r^{2}}\varphi^{+}(z)\right]\right\}=q(t),\quad t\in L_r. \tag{3}$$

Но равенство (3) есть краевое условие обобщенной (дифференциальной) задачи Гильберта относительно аналитической функции $\varphi^{+}(z)$ (см., например, [4, с. 345]). Из результатов работы [1] следует, что дифференциальную задачу Гильберта (3) в круговых областях можно решить эффективно по следующему алгоритму:

1. Вводя в рассмотрение аналитическую в круге T_r^{+} функцию вида

$$\Phi(z)=z\frac{d\varphi^{+}(z)}{dz}-\frac{2r^{2}}{1+r^{2}}\varphi^{+}(z),\quad z\in T_r^{+}, \tag{4}$$

где $\varphi^{+}(z)$ – аналитическая компонента искомой квазигармонической функции $W(z)$, обобщенную задачу Гильберта (3) сводим к обычной задаче Гильберта относительно аналитической в круге T_r^{+} функции $\Phi(z)$:

$$\mathrm{Re}\left\{\frac{\overline{h(t)}}{t}\cdot\Phi^{+}(t)\right\}=q(t),\quad t\in L_r, \tag{5}$$

где $\Phi^{+}(t)=\lim\limits_{z\to t\in L_r}\Phi(z)$, и переходим к пункту 2.

2. Если вспомогательная задача Гильберта (5) неразрешима, то неразрешима и исходная краевая задача $\boldsymbol{\Gamma}_1$, и на этом завершаем алгоритм. Если же вспомогательная задача Гильберта (5) разрешима, то находим ее общее решение $\Phi(z)$, и переходим к пункту 3.

3. На основании равенства (4) составляем относительно неизвестной аналитической в круге T_r^{+} функции $\varphi^{+}(z)$ неоднородное линейное дифференциальное уравнение Эйлера (см., например, [5, с. 136])

$$z\frac{d\varphi^{+}(z)}{dz}-\frac{2r^{2}}{1+r^{2}}\varphi^{+}(z)=\Phi(z) \tag{6}$$

где $\Phi(z)$ – общее решение вспомогательной задачи Гильберта (5), и переходим к пункту 4.

4. Если $r=1$ и функция $\Phi(z)$ удовлетворяет условиям (см., например, [6, с. 397])

$$\begin{cases}\Phi'(0)=0,\\ \left|z^{-1}\Phi(z)+\int z^{-2}\Phi(z)dz\right|\le\dfrac{M_1}{(1-\rho)^{1-\delta_1}},\\ \left|z^{-1}\Phi'(z)\right|\le\dfrac{M_2}{(1-\rho)^{1-\delta_2}},\end{cases} \tag{7}$$

где $\rho=|z|$; M_k, δ_k $(k=1,\ 2)$ - некоторые положительные постоянные, а $0<\delta_k\le 1$, то все решения дифференциального уравнения (6), принадлежащие классу $\boldsymbol{A}(T_1^{+})\cap H^{(1)}(L_1)$, находим по формуле

$$\varphi^{+}(z)=C_1z+z\int z^{-2}\Phi(z)dz, \tag{8}$$

где $\int z^{-2}\Phi(z)dz$ – фиксированная первообразная функции $z^{-2}\Phi(z)$ в единичном круге T_1^{+}, а $C_1=a_1+ib_1$ – произвольная комплексная постоянная, а затем переходим к пункту 6.

Если же $r\ne 1$ и функция $\Phi(z)$ удовлетворяет следующим условиям

$$\begin{cases} \Phi'(0)=0, \\ \left| z^{-1}\Phi(z)+\dfrac{2r^2}{1+r^2}\, z^{\frac{2r^2}{1+r^2}-1}\int z^{-1-\frac{2r^2}{1+r^2}}\Phi(z)dz \right| \le \dfrac{M_3}{(1-\rho)^{1-\delta_3}}, \\ \left| z^{-1}\Phi'(z)+\dfrac{r^2-1}{r^2+1}\, z^{-2}\Phi(z)+\dfrac{2r^2(r^2-1)}{\left(1+r^2\right)^2}\, z^{\frac{2r^2}{1+r^2}-2}\int z^{-1-\frac{2r^2}{1+r^2}}\Phi(z)dz \right| \le \dfrac{M_4}{(1-\rho)^{1-\delta_4}}, \end{cases} \tag{9}$$

где $\rho=|z|$; M_k, δ_k $(k=3,\,4)$ - некоторые положительные постоянные, причем $0<\delta_k\le 1$, то решения дифференциального уравнения (6), принадлежащие классу $\boldsymbol{A}(T_r^+)\cap H^{(1)}(L_r)$, находим по формуле

$$\varphi^+(z)=z^{\frac{2r^2}{1+r^2}}\int z^{-1-\frac{2r^2}{1+r^2}}\Phi(z)dz, \tag{10}$$

где $\int z^{-1-\frac{2r^2}{1+r^2}}\Phi(z)dz$ – фиксированная первообразная функции $z^{-1-\frac{2r^2}{1+r^2}}\Phi(z)$ в круге T_r^+, а затем переходим к пункту 6.

6. Если $r=1$, то подставляя в правую часть равенства (2) вместо $\varphi^+(z)$ функцию, найденную по формуле (8), находим решение исходной задачи $\boldsymbol{\Gamma}_1$ по формуле

$$W(z)=C_1+z^{-1}\Phi(z)+\int z^{-2}\Phi(z)dz-\frac{2\bar{z}}{1+z\bar{z}}\left(C_1 z+z\int z^{-2}\Phi(z)dz\right). \tag{11}$$

Если же $r\ne 1$, то подставляя в правую часть равенства (2) вместо $\varphi^+(z)$ функцию, найденную по формуле (10), получим решение задачи $\boldsymbol{\Gamma}_1$ по формуле

$$W(z)=z^{-1}\Phi(z)+\frac{2r^2}{1+r^2}\, z^{\frac{2r^2}{1+r^2}-1}\int z^{-1-\frac{2r^2}{1+r^2}}\Phi(z)dz-\frac{2\bar{z}}{1+z\bar{z}}\left(z^{\frac{2r^2}{1+r^2}}\int z^{-1-\frac{2r^2}{1+r^2}}\Phi(z)dz\right). \tag{12}$$

3. О неустойчивости решений краевой задачи $\boldsymbol{\Gamma}_1$. Покажем, что решения задачи $\boldsymbol{\Gamma}_1$ неустойчивы по отношению к малым изменениям носителя краевых условий. В самом деле, пусть $W(r_1;z)$ и $W(r_2;z)$ – решения краевой задачи $\boldsymbol{\Gamma}_1$ в областях $T_{r_1}^+=\{z:|z|<r_1\}$ и $T_{r_2}^+=\{z:|z|<r_2\}$ соответственно. Тогда в силу формул (11) и (12), если, например, $r_1=1$ и $r_2=r\in(1;+\infty)$, то для любого достаточно малого положительного числа ε при условии $|r-1|<\varepsilon$ возможно, что $|W(r;z)-W(1;z)|>\varepsilon$, так как в рассматриваемом случае $W(r;z)$ определяется по формуле (12), а $W(1;z)$ – по формуле (11). Значит, решения задачи $\boldsymbol{\Gamma}_1$, вообще говоря, *неустойчивы* по отношению к малым изменениям границы рассматриваемой круговой области. Основной причиной неустойчивости решений задачи $\boldsymbol{\Gamma}_1$ является тот факт, что в единичном круге однородное дифференциальное уравнение

$$z\frac{d\varphi^+(z)}{dz}-\frac{2r^2}{1+r^2}\varphi^+(z)=0, \tag{13}$$

соответствующее неоднородному уравнению Эйлера (6), имеет нетривиальные решения вида $\varphi^+(z)=C_1 z$, где C_1 – произвольная комплексная постоянная, а в круге T_r^+ неединичного радиуса уравнение (13) не имеет нетривиальных решений, принадлежащих классу $\boldsymbol{A}(T_r^+)\cap H^{(1)}(L_r)$.

Таким образом, справедливо следующее важное утверждение.

Теорема. *Решения краевой задачи* $\boldsymbol{\Gamma_1}$ *для квазигармонических функций первого рода в круговых областях неустойчивы по отношению к малым изменениям границы рассматриваемой области.*

Список литературы

1. *Расулов К.М.* Краевая задача Гильберта в классах квазигармонических функций в круге // Известия СмолГУ. – 2014. – № 4(28). – С. 331–338.

2. *Расулов К.М., Тимофеева Т.И.* О картине разрешимости однородной краевой задачи Гильберта для квазигармонических функций в круговых областях // Вестник ЮУрГУ. Серия «Математика. Механика. Физика». 2016. Т. 8, № 4. С. 33–40.

3. *Bauer K.W.* Uber eine der Differentialgleichung $(1+z\bar{z})^2 W_{z\bar{z}} \pm n(n+1)W = 0$ zugeordnete Funktionentheorie // Bonner math/ Schrften 23 (1965).

4. *Гахов Ф.Д.* Краевые задачи. – М: Наука, 1977. – 640 с.

5. *Коддингтон Э.А., Левинсон Н.* Теория обыкновенных дифференциальных уравнений – М.: Изд-во иностранной литературы, 1958. – 474 с.

6. *Голузин Г.М.* Геометрическая теория функций комплексного переменного. – М.: Наука, 1966. – 628 с.

01.01.00

[1,2]Л.С. Сабитов канд. техн. наук, [1]Н.Ф. Кашапов д-р техн. наук,
[1]И.К. Киямов д-р экон. наук, [3]И.Л. Кузнецов д-р техн. наук

[1]Казанский (Приволжский) федеральный университет,
[2]Казанский государственный энергетический университет,
[3]Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Казань, l.sabitov@bk.ru

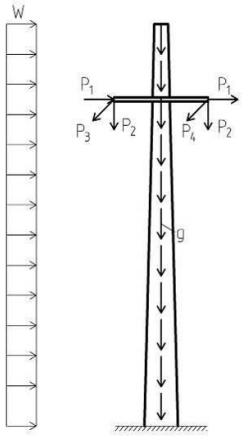
ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЁТА ТОНКОСТЕННОГО СТЕРЖНЯ-ОБОЛОЧКИ ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ СО СЛАБОЙ КОНУСНОСТЬЮ И ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНОЙ СТЕНКИ

Рассматривается расчет в авторской программе ПК «AutoRSS.02» тонкостенный стержень-оболочка закрытого профиля со слабой конусностью с переменной толщиной стенки на примере высотного сооружения. Данный численно-аналитический метод позволяет находить все необходимые компоненты напряженно - деформированного состояния (НДС) необходимые для реального проектирования таких конструкций сооружений.

Ключевые слова: *математическое моделирование, численно-аналитический метод, тонкостенный стержень-оболочка, инжиниринг.*

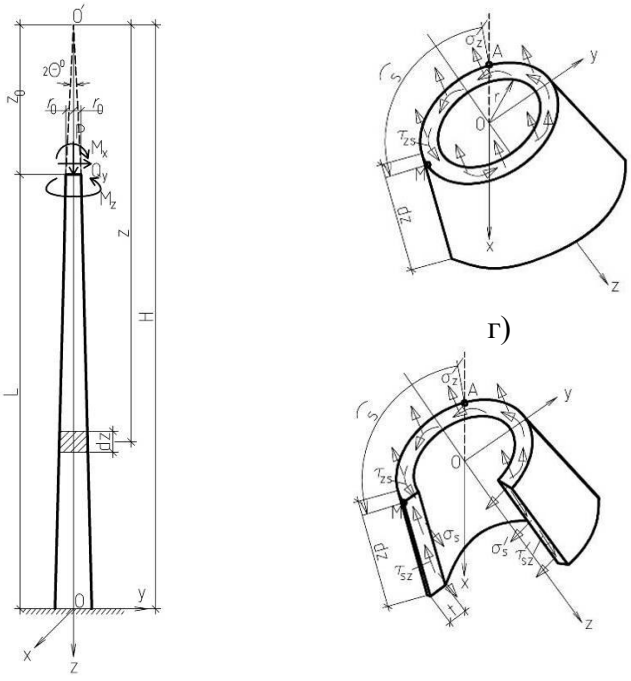
Для практической реализации предлагаемой методики была разработана авторами программа для ЭВМ «AutoRSS.02» [1], которая позволяет определять НДС конструкций и сооружений из тонкостенных стержней, например, опор линии электропередачи (Рис.1).

Определим НДС вертикальной стойки опоры линии электропередачи, представляющей собой конический тонкостенный стержень переменного замкнутого эллиптического сечения. Естественная закрученность стержня отсутствует. Нижний, более широкий, торец стержня жестко защемлен; верхний – не закреплен. Верхний торец нагружен продольной центральной силой P – собственный вес траверс (эксцентриситет вертикального нагружения не учитывался); поперечной силой Q_x – от суммарной ветровой нагрузки на траверсы крутящим моментом $M_{кр}$ – от ветровой нагрузки на траверсу. Действие нагрузки считалось статическим [2].



а

б



в) г) д)

Рис. 1– К построению расчётной модели тонкостенного стержня-оболочки с закрытым профилем слабой коничностью и с переменной толщиной стенки листа:
а – расчётная схема высотного сооружения в общем виде; б – общий вид опоры ВЛ; в – предлагаемая расчётная схема высотного сооружения из тонкостенного стержня закрытого профиля со слабой коничностью; г и д – схемы напряжений в элементарном элементе стержня, находящемся в равновесии

Стойка ориентирована под ветер так, что сила Q_x действует вдоль большой оси OX эллиптических сечений стержня.

Расчеты производились при следующих параметрах геометрии и материала стержня: L = 6 м; диаметры эллипса верхнего сечения $2a_0$ = 10 см и $2b_0$ = 5 см; диаметры эллипса нижнего сечения $2a_1$ = 32 см и $2b_1$ = 16 см; толщина стенки оболочки t = 0,7 см; модули упругости материала: E = 2,1·10^6 кгс/см^2 и G = 8,1·10 кгс/см^2; нагрузка на верхнем торце: P = 300 кгс, Q_x = 679,5 кгс, $M_{кр}$ = 187,5 кгс·м.

При определении НДС поперечные перемещения его сечений и углы их закручивания считались малыми в той степени, в которой справедлив принцип независимости действия сил. То есть считалось, что можно суммировать одноименные напряжения, возникающие от различных нагрузок по отдельности.

Нормальные напряжения от сжатия и изгиба в сечении Z подсчитывались по классической формуле

$$\sigma_z^{(1)}(x,y) = -\frac{P}{F(z)} + \frac{M_x(z)\cdot y}{J_x(z)} + \frac{M_y(z)\cdot x}{J_y(z)}; \qquad (1)$$

в формуле (4.1) положительные моменты растягивают волокна первого квадранта в системе координат XOY. Точки с координатами (x, y) лежат на контуре сечения.

Напряжения суммируются (1) с нормальными напряжениями от стесненной депланации, если таково имеет место

$$\sigma_z^{(2)}(z,s) = -E\cdot\left[f_4(z)\cdot\overline{\omega}(z,s)\right]\cdot\varphi''(z). \qquad (2)$$

Касательные напряжения в точках контура сечения Z складываются из напряжений от изгиба

$$\tau_{zs}^{(1)} = \frac{Q_y\cdot S'_x(z,s)}{J_x(z)\cdot 2\cdot t}, \qquad (3)$$

напряжения от стесненной депланации

$$\tau_{zs}^{(2)} \cdot t = E \cdot \varphi''(z) \cdot \overline{S}(z,s), \quad (4)$$

и напряжения от свободного кручения

$$\tau_{zs}^{(3)}(z,s) = \frac{M_z}{\Omega(z) \cdot t}. \quad (5)$$

В формулах 1-5 контурная координата s отсчитывается от оси OX против часовой стрелки и должна быть согласована с координатой точки (x, y) в формуле (1).

Численное решение задачи показало, что максимальные нормальные напряжения от изгиба $\left|\frac{M_x(z)\cdot y}{J_x(z)} + \frac{M_y(z)\cdot x}{J_y(z)}\right|$ возникают в сечении z = 135,0 см (расстояние от верхнего, свободного конца стойки). Далее это сечение выбрано для демонстрации результатов численных расчетов. Расчеты проводились при разбиении стержня на 200 равных отрезков и в направлении контурной координаты – на 100 отрезков (контур разбивался на отрезки, соответствующие 50 равным отрезкам по координате X).

В Таблице 1 и на графиках Рисунков 2-4 приводятся значения параметров НДС опоры ВЛ, выполненной из слабоконического стержня замкнутого сечения, полученные на программе «AutoRSS.02» для ЭВМ. Где – $\sigma_z^{(2)}$ нормальные и $\tau_{zs}^{(2)}$ касательные напряжения от стесненной депланации; $\tau_{zs}^{(3)}$ касательные от свободного кручения; $\sigma_{изг}$ нормальные напряжения от сжатия и изгиба; $\tau_{zs}^{(1)}$ – касательные напряжения от изгиба; суммарные напряжения от сжатия, $\sigma_z^{(1)} + \sigma_z^{(2)}$, $\tau_{zs}^{(1)} + \tau_{zs}^{(2)} + \tau_{zs}^{(3)}$ изгиба и стесненной депланации. Параметр j – номер точек контура при отсчете от оси OX (большой диаметр) против часовой стрелки. При j = 1, j = 51, j = 101 точка лежит на оси OX; при j = 26 и j = 76 точка лежит на оси OY.

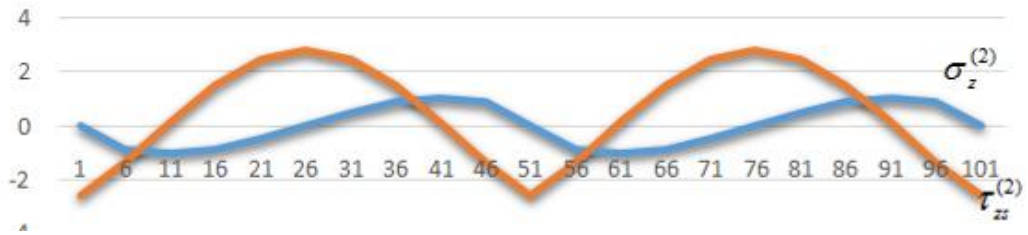


Рис. 2– Графики зависимости j от нормальных и касательных напряжений от стесненной депланации

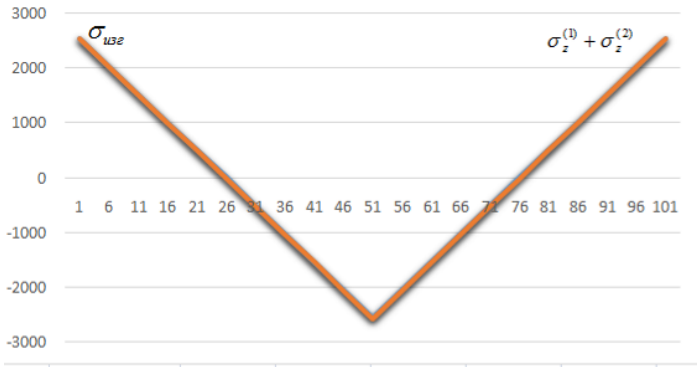


Рис. 3– Графики зависимости j от напряжений изгиба и суммарные напряжения сжатия и изгиба стесненной депланации

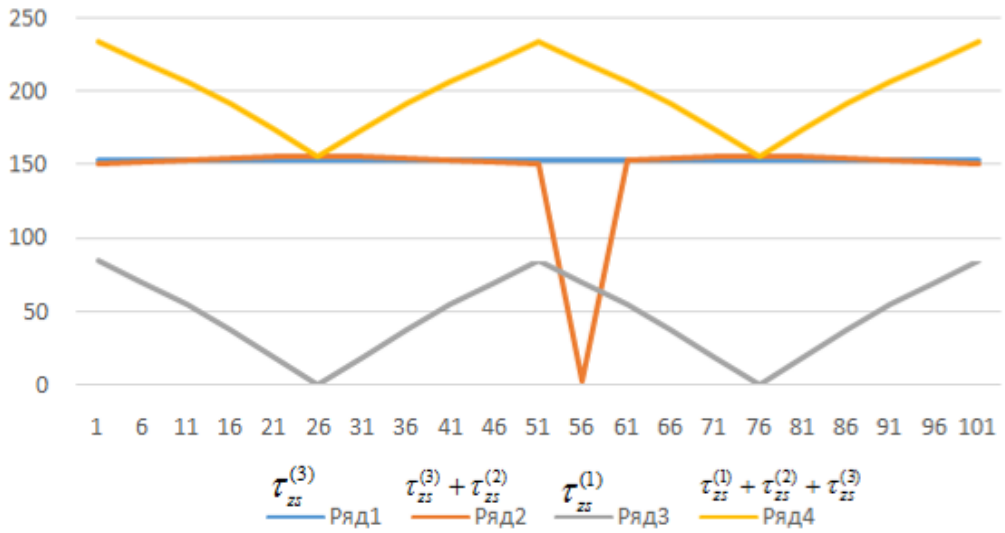


Рис. 4– Графики зависимости *j* от касательных напряжений от стесненной депланации, касательных напряжений от свободного кручения, и суммарные напряжения изгиба и стесненной депланации

Выводы:

Результатом работы является новая численно-аналитическая методика, реализованная в авторской ПК «AutoRSS.02» позволяющая простому инженеру производить расчет необходимых компонентов НДС тонкостенных стержней оболочек для дальнейшего проектирования опор линий электропередачи.

Список литературы

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014617349 от 17.07.2014. «AutoRSS.02» Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Богданович А.У. Заявка № 2014614903 от 26.05.2014г.

2. *Сабитов Л.С.* Разработка и численные исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций из трубчатых стержней в энергетическом строительстве Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 6 (101). С. 108-117.

3. Пат. 2556603 Российская Федерация, МПК Е 04 В 12/08 Способ изготовления стальной опоры многогранного сечения /Л.С. Сабитов, И.Л. Кузнецов, И.Н. Хамидуллин; опубл.10.07.2015. Бюл. 19.

4. *Сабитов Л.С., Кашапов Н.Ф., Киямов И.К, Радайкин О.В.* Математическое моделирование стыков тонкостенных стержней-оболочек закрытого профиля при трехточечном изгибе // Научно-технический вестник Поволжья №10 2018 с.24-27.

01.01.00

[1,2]Л.С. Сабитов канд. техн. наук, [1]Н.Ф. Кашапов д-р техн. наук,
[3]И.Л. Кузнецов д-р техн. наук, [1]И.К. Киямов д-р экон. наук

[1]Казанский (Приволжский) федеральный университет,
[2]Казанский государственный энергетический университет,
[3]Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Казань, l.sabitov@bk.ru

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ УЗЛОВ СОЕДИНЕНИЙ ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ-ОБОЛОЧЕК ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ. РАСЧЁТ ЗАДАЧИ ПО БЕЗМОМЕНТНОЙ ТЕОРИИ

Для исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) телескопического узла конструкции тонкостенного стержня предлагается приближенный аналитический метод решения. Во-первых, все силы, действующие на сооружения таковы, что они будут вызывать либо только осесимметричный (осевая сжимающая сила P^* и собственный вес), либо обратносимметричный изгиб (изгибающий момент M^*). Во-вторых, общие решения для этих случаев будем строить как сумму безмоментного и моментного (типа краевого эффекта) решений.

Ключевые слова: *математическое моделирование, безмоментная теория, тонкостенный стержень-оболочка, инжиниринг.*

В данной статье рассматривается равновесие системы двух вертикальных цилиндрических труб насаженных друг в друга (Рисунок 1) так, что в цилиндрическую трубу 1 толщиной H_1, радиуса R_1 и длиной L_2 запрессована другая труба 3 толщиной H_3, радиуса $R_3 = R_1 - (H_1 + H_3)/2$ и длиной $(L_3 - L_1)$. Предполагается, что слои в области $L_1 \le x \le L_2$ работают совместно без скольжения. Считаем, что упругие константы труб $E_1 = E_3 = E$ (модули упругости), $\nu_1 = \nu_2 = \nu$ (коэффициенты Пуассона) заданы.

Пусть у рассматриваемой вертикальной конструкции один край (x = 0) заделан, а другой край ($x = L_3$) закрыт жесткой диафрагмой, к которой приложены вертикальная сжимающая сила P^* и изгибающий момент M^*, а сама конструкция находится под действием собственного веса.

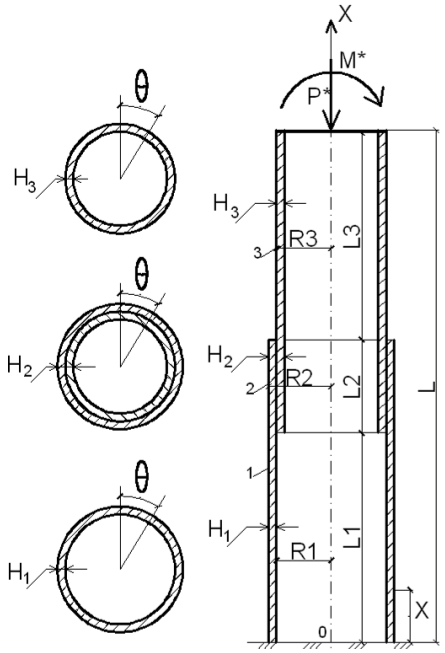


Рис. 1– Расчётная схема узла соединения тонкостенных стержней оболочек закрытого профиля

В нашей задаче условия существования безмоментного напряжённого состояния выполняется, поскольку нагрузки, действующие на сооружения главные.

Учитывая, выполнение вышеуказанных условий и предполагая, что на оболочку вращения действует осевая нагрузка, приведём расчётные формулы по безмоментной теории:

Перемещения

$$u_i^* = [u_{i1} + u_{i2}\bar{x} + u_{i3}\bar{x}^2 + (u_{i4} + u_{i5}\bar{x})\cos\theta]H_1;$$
$$v_i^* = (v_{i1} + v_{i2}\bar{x} + v_{i3}\bar{x})\cos\theta * H_1; \quad (1)$$
$$w_i^* = [w_{i1} + w_{i2}\bar{x} + (w_{i3} + w_{i4}\bar{x} + w_{i5}\bar{x}^2)\cos\theta]H_1.$$

Мембранные усилия

$$T_{1*}^{(i)} = (t_{i1} + t_{i2}\bar{x} + t_{i3}\cos\theta)EH_1, \quad (2)$$

Напряжения

$$\sigma_x^{(i)} = \frac{T_{1*}^{(i)}}{H_i}, \tau_{x\theta}^{(i)} = \gamma_i(\tau_{i1} + \tau_{i2}\bar{x})\sin\theta / H_1 \quad (3)$$

$i = 1, 2, 3$ (для области $0 \le x \le L_1, L_1 \le x \le L_2, L_2 \le x \le L_3$).

Полученные решения (2.28) – (2.30) удовлетворяют уравнениям равновесия (2.25) безмоментной теории, условиям упругой стыковки областей $i = 1$, $i = 2$, $i = 3$ и удовлетворяют граничным условиям при $x = 0$ $(u^* = 0, \varepsilon_2^* = 0)$ и $x = L_3$ $(T_{1,*}^{(3)} = \frac{P^*}{2\pi R_3}$ и $T_{1,*}^3 = \frac{M^*}{\pi R_3}\cos\theta)$.

Следует отметить, что под действием силы $T_{1,*}^{(i)}$ при $x = 0$, вопреки нашему допущению о защемлении этого конца трубы, произойдёт некоторая линейная деформация по окружности. Это говорит о том, что при $x = 0$ будет некоторый местный изгиб, неучтённый безмоментной теорией. Полное решение задачи можно получить только при совместном учёте как напряжений по безмоментной теории, так и напряжений изгиба. Это будет выполнено в дальнейшем при рассмотрении местного изгиба, то есть краевого эффекта.

В выражениях (1–3) введены следующие безразмерные параметры

$$\bar{x} = \frac{x}{L_3}, \gamma_i = \frac{h_1}{(2(1+\nu)r_i)}, \; h_i = \frac{H_i}{R_1}, l_i = \frac{L_i}{L_3}, r_i = \frac{R_i}{R_1}$$
$$h = \frac{H_1}{H_3}, p_i = \frac{\rho H_i, L_3}{(E_i R_1)}, \; (i = 1, 2, 3), \; l_{13} = \frac{L_3}{R_1};$$
$$p_4 = \frac{p^*}{(2\pi H_1 R_3 E)}, G = \frac{E}{2(1+\nu)}, \; h_4 = \frac{1 + (h_i + h_2)}{(2r_2)};$$
$$M = \frac{M^*}{(EH_1^3)}, R_2 = R_1, R_3 = R_1 - (H_1 + H_2)/2 \; H_2 = H_1 + H_2;$$
$$t_3 = -P_3 - P_4, t_2 = t_3 - (P_2 - P_3)l_2, t_1 = t_2 - (P_1 - P_2)l_1 \, t_{11} = t_1;$$
$$t_{12} = P_2, t_{21} = t_2, t_{22} = P_2, t_{31} = t_3, t_{32} = P_3;$$
$$t_{13} = -\frac{h_1^2 M}{(\pi r_3^2)}; t_{23} = -\frac{h_1^2 M}{(\pi r_2^2)}; t_{33} = t_{13};$$

$$f_2 = l_{13}l_1\left[\left(t_{11}/h_1 - t_{21}/h_2\right)+\left(t_{12}/h_1 + t_{22}/h_2\right)\frac{l_1}{2}\right];$$

$$f_3 = f_2 + l_{13}l_2\left[\left(t_{21}/h_1 - t_{31}/h_3\right)+\left(t_{22}/h_2 + t_{32}/h_3\right)\frac{l_2}{2}\right];$$

$$u_{13} = \left(\frac{l_{13}}{2h_1}\right)P_1;\ u_{14} = 0, u_{15} = \left(\frac{l_{13}}{h_1}\right)t_{13};\ u_{11} = 0, u_{12} = \left(\frac{l_{13}}{h_1}\right)t_1;$$

$$u_{21} = f_2; u_{22} = \left(\frac{l_{13}}{h_2}\right)t_2; u_{23} = \left(\frac{l_{13}}{2h_2}\right)P_2\ u_{24} = \left(\frac{1}{h_1} - \frac{1}{h_2}\right)l_1 l_{13} t_{13};$$

$$u_{25} = \left(\frac{l_{13}}{h_2}\right)t_{13};\ u_{31} = f_3;\ u_{32} = \left(\frac{l_{13}}{h_3}\right)t_3;\ u_{33} = \left(\frac{l_{13}}{2h_3}\right)P_3;$$

$$u_{34} = h_4 u_{24} + \left(\frac{h_4}{h_2} - \frac{1}{h_3}\right)l_2 l_{13} t_{13};\ u_{35} = \left(\frac{l_{13}}{h_3}\right)t_{13};$$

$$w_{11} = -\left(\frac{\nu}{h_1}\right)t_{11};\ w_{12} = -\left(\frac{\nu}{h_1}\right)t_{12};\ w_{13} = 0, w_{14} = \left(\frac{l_{13}}{r_1}\right)u_{14};$$

$$w_{15} = -\left(\frac{l_{13}^2}{2r_1 h_1}\right)t_{13}, w_{21} = -\left(\frac{\nu r_2}{h_2}\right)t_{21}, w_{22} = -\left(\frac{\nu r_2}{h_2}\right)t_{22};$$

$$w_{23} = \left(\frac{l_{13}l_1}{r_2}\right)u_{24} + l_{13}^2 l_1^2\left(\frac{1}{2r_2 h_2} - \frac{1}{2r_1 h_1}\right)t_{13}, w_{24} = \left(\frac{l_{13}}{r_2}\right)u_{24};$$

$$w_{25} = -\left(\frac{l_{13}^2}{2r_2 h_2}\right)t_{13}, w_{31} = -\left(\frac{\nu r_3}{h_3}\right)t_{31}, w_{32} = \left(\frac{\nu r_3}{h_3}\right)t_{32};$$

$$w_{33} = w_{23} + l_{13}^2 l_2^2\left(\frac{1}{2r_3 h_3} - \frac{1}{2r_2 h_2}\right)t_{13} + l_{13}l_2\left(\frac{u_{34}}{r_3} - \frac{u_{24}}{r_2}\right);$$

$$w_{34} = \left(\frac{l_{13}}{r_3}\right)u_{34}, w_{35} = -\left(\frac{l_{13}^2}{2r_3 h_3}\right)t_{13}; \qquad (4)$$

$$v_{11} = \left(\frac{r_1}{h_1}\right)t_{13} - w_{13}, v_{12} = -w_{14}, v_{13} = -w_{15}, v_{21} = \left(\frac{r_2}{h_2}\right)t_{23} - w_{23}$$

$$v_{22} = -w_{24}, v_{23} = -w_{25}, v_{21} = \left(\frac{r_3}{h_3}\right)t_{33} - w_{33}, v_{32} = -w_{34};$$

$$v_{33} = -w_{35}, \tau_{i1} = \left[-u_{i4} + \left(\frac{r_i}{l_{13}}\right)v_{i2}\right]E, \tau_{i2} = \left[-u_{i5} + \left(2\frac{l_{13}}{r_i}\right)v_{i3}\right]L_3 E,\ v_1 = \frac{v h_1 M}{\pi r_3^2}$$

Выводы:

Безмоментная теория даёт вполне удовлетворительные результаты поведения элементов труб в областях $0 \le x \le L_1, L_1 \le x \le L_2$ и $L_2 \le x \le L_3$ при достаточном удалении от линии искажения, т.е. $x = 0, x = L_1, x = L_2, x = L_3$. При этом при $x = L_1, x = L_2$ имеются скачки в толщине рассматриваемой конструкции.

Следует отметить, что в (2.24–2.26) члены, содержащие тригонометрические функции cosθ и sinθ представляют собой решения для обратносимметричного случая.

Список литературы

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013611451 от 18.01.2013 г. «AutoRSS.01» Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Сабиров С.И. Заявка № 2012661265 от 18.12.2012 г.

2. *Сабитов Л.С.* Разработка и численные исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций из трубчатых стержней в энергетическом строительстве Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 6 (101). С. 108-117.

3. Пат. 2288399 Российская Федерация, МПК F 16 L 13/00, E 04 B 1/58 Узел соединения труб / И.Л. Кузнецов, А.В. Исаев, Л.С. Сабитов; опубл. 27.11.2006, Бюл.33.

4. *Сабитов Л.С., Кашапов Н.Ф., Киямов И.К, Радайкин О.В.* Математическое моделирование стыков тонкостенных стержней-оболочек закрытого профиля при трехточечном изгибе // Научно-технический вестник Поволжья №10 2018 с.24-27.

5. *L.S. Sabitov, I.Z. Gatiyatov, I.L. Kuznetsov , L.G. Ibragimov* Deflected mode of junction of pipes of different diameters in the constructions of contact-line supports of electrical transport // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) Volume 10, Number 24 – P. 45255–45263.

01.01.07

Н.В. Севодина канд. техн. наук

Институт механики сплошных сред Уральского отделения РАН,
Отдел комплексных проблем механики деформируемого твердого тела,
Пермь, sevodina@icmm.ru

ОБ ОПТИМАЛЬНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТА НА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ

В работе представлен подход к определению оптимального расположения пьезоэлемента на пространственной конструкции для достижения максимальной величины электрического потенциала, генерируемого пьезоэлементом на выбранной частоте колебаний конструкции. В качестве критерия оптимальности принято условие максимума обобщенного коэффициента электромеханической связи, характеризующего долю преобразованной механической энергии колебаний в электрическую. Достоверность полученных результатов продемонстрирована на примере амплитудно-частотных характеристик электрического потенциала, полученных на основе решения задачи о вынужденных установившихся колебаниях.

Ключевые слова: *пьезоэлементы, коэффициент электромеханической связи, собственные частоты колебаний, вынужденные установившиеся колебания.*

Одним из перспективных подходов для решения задач управления динамическим поведением конструкций является использование технологий, основанных на применении пьезоэлектрических материалов. Управление динамическим поведением включает в себя широкий класс задач: возбуждение, регистрация или демпфирование колебаний, управление формой конструкции при колебаниях и т.д. [1]. Применение пьезоэлементов с этой целью может оказаться неэффективным, если электрический потенциал, генерирующийся на его поверхности при деформировании, окажется мал для его регистрации и последующего использования. На величину электрического потенциала существенное влияние оказывают материал, размер пьезоэлемента и его размещение.

Выбор места расположения пьезоэлемента является крайне важной задачей, в наибольшей степени определяющей эффективность его использования в конструкциях. Это привело к необходимости разработки алгоритма, определяющего наилучшее расположение пьезоэлемента на конструкции, обеспечивающего эффективное (пассивное или активное) управление ее динамическим поведением.

Алгоритм основан на рассмотрении величины обобщенного коэффициента электромеханической связи K_i (КЭМС) [2], характеризующего долю преобразованной механической энергии колебаний на *i*-ой форме в электрическую энергию для каждого отдельного пьезоэлемента и определяется по формуле $K_i = \sqrt{\left[\left(\omega_{o/c}^2\right)_i - \left(\omega_{s/c}^2\right)_i\right] \Big/ \left(\omega_{s/c}^2\right)_i}$, где $\left(\omega_{o/c}\right)_i$, $\left(\omega_{s/c}\right)_i$ - собственные частоты колебаний конструкции с пьезоэлементом *i*-ой моды в режиме холостого хода (open circuit - o/c) и в режиме короткого замыкания (short circuit - s/c). Режим o/c реализуется в случае, когда одна из электродированных поверхностей пьезоэлемента заземлена (потенциал на ней равен нулю), а другая свободна от нагрузок. При режиме s/c на обеих электродированных поверхностях задан нулевой потенциал. Критерием оптимальности места размещения пьезоэлемента является условие максимума коэффициента электромеханической связи на заданной частоте колебаний конструкции. Исследования, проведенные в [3], показали, что существует корреляция между величиной электрического потенциала и коэффициентом электромеханической связи. Это позволяет проводить качественное сравнение полученных результатов.

Представим предлагаемый подход на примере пространственной конструкции в виде тонкостенной оболочки (рис.1) с размерами $L = 290$ мм, $B = 150$ мм, $H = 120$ мм, $t = 0.26$ мм, радиусы скругления r = 15 мм. Оболочка выполнена из изотропного упругого материала с характеристиками: $E = 6.5 \cdot 10^{10}$ Па, $\nu = 0.28$, $\rho = 2900$ кг/м^3. Фланцы оболочки жестко защемлены по всей длине.

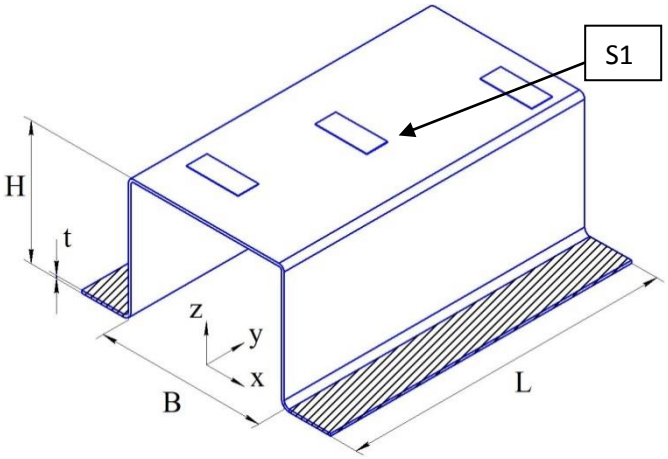
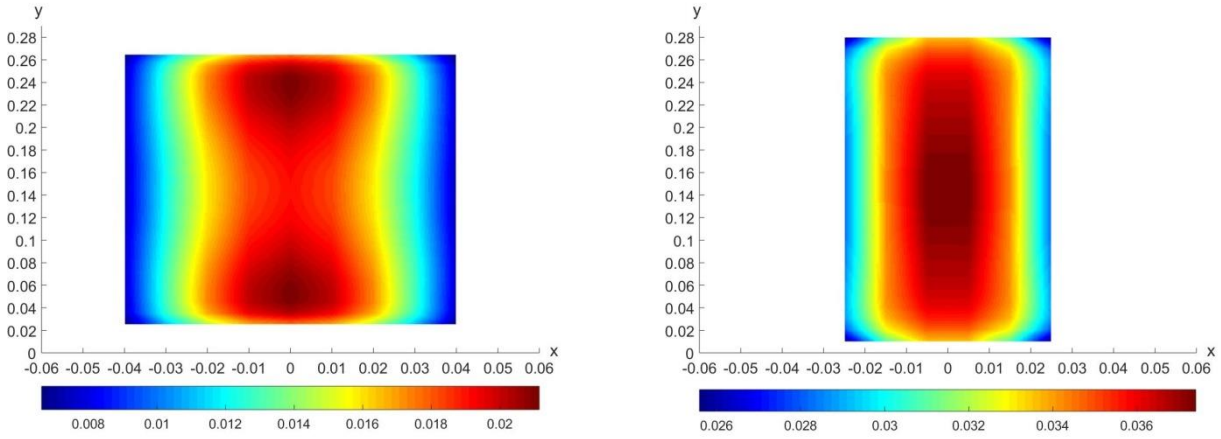


Рис. 1– Расчетная схема конструкции

Необходимо разместить на верхней горизонтальной поверхности оболочки S_1 пьезоэлемент, выполненный из пьезокерамики ЦТС-19, размером 50x20x0.36 мм, с электродированными верхней и нижней поверхностями, с заземленной нижней поверхностью (задан нулевой электрический потенциал), материал поляризован в направлении оси *Z*. Физико-механические характеристики материала пьезоэлемента приведены в [3]. Оси X и Y системы координат совпадают с осями симметрии оболочки.

Первые пять собственных частот колебаний рассматриваемой конструкции полученные решением задачи о собственных колебаниях электроупругих тел равны, соответственно 13.63, 41.82, 47.20, 67.35 и 81.63 Гц.

Расположим пьезоэлемент так, чтобы генерировался максимально возможный электрический потенциал на второй моде колебаний конструкции. Для этого получены картины распределения значений КЭМС (рис.2) в зависимости от размещения центра масс пьезоэлемента для двух вариантов его ориентации (длинная сторона пьезоэлемента ориентирована параллельно оси Y – вариант 1, или параллельно оси X – вариант 2). Для удобства представления результатов на рис.2 область заделки и боковые поверхности оболочки исключены, результаты приведены только для части поверхности, на которой располагается пьезоэлемент.



(а) (б)

Рис. 2– Распределение значений КЭМС для второй частоты колебаний оболочки при двух вариантах ориентации пьезоэлемента (а) - вариант 1 (б) – вариант 2

Сравнение рисунков 2а и 2б демонстрирует, что 2 вариант расположения пьезоэлемента позволяет получить значения коэффициента электромеханической связи в 1.5 раза выше, чем при 1 варианте. При этом наибольшее значение КЭМС равно 0.037, если координаты центра масс пьезоэлемента равны x=0мм, y=145 мм. Для сравнения для третьей собственной частоты колебаний значение КЭМС при этом же положении пьезоэлемента равно 0.002, что говорит о неэффективности использования расположенного таким образом пьезоэлемента для демпфирования третьей частоты колебаний рассматриваемой конструкции.

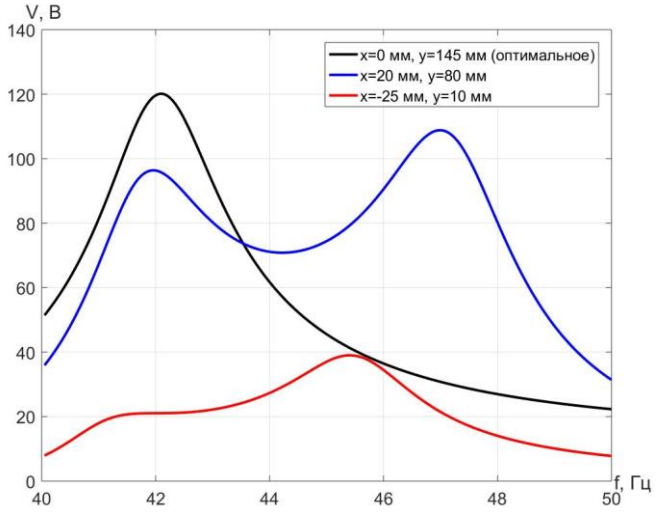


Рис. 3– Амплитудно-частотные характеристики электрического потенциала, генерируемого пьезоэлементом, в зависимости от его расположения

Для подтверждения оптимальности выбранного места размещения была решена задача о вынужденных установившихся колебаниях оболочки (рис.1) под действием силы F_z=1Н, приложенной к поверхности S_1 конструкции в точке с координатами x=0мм, y=0 мм.

Рассмотрены три варианта расположения пьезоэлемента: оптимальное с координатами (x=0мм, y=145мм), неоптимальное (x= – 25мм, y=10мм) и промежуточное (x=20мм, y=80мм). При этом значения коэффициентов электромеханической связи равны, соответственно 0.037, 0.025, 0.032.

На рисунке 3 приведены амплитудно-частотные характеристики электрического потенциала, генерирующегося на пьезоэлементе, для указанных выше трех вариантах его расположения. Приведенные графики демонстрируют, что максимальное значение электрического потенциала для второй частоты колебаний конструкции, равное 120.1 В, достигается при оптимальном расположении пьезоэлемента с координатами (x=0мм, y=145мм).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-41-590152-р-урал_а).

Список литературы

1. *Moheimani S.O.R., Fleming A.J.* Piezoelectric transducers for vibration control and damping, 2006. – 272 p.
2. *Hagood N.W., von Flotow A.* Damping of structural vibrations with piezoelectric materials and passive electrical networks // Journal of Sound and Vibration. - 1991. – Vol.146, №2. – P. 243-268.
3. *Iurlova N.A., Matveenko V.P., Oshmarin D.A., Sevodina N.V., Yurlov M.A.* Layout optimization of piezoelectric elements with external electric circuits in smart constructions based on solution of the natural vibrations problem // Proceedings of ECCOMAS Congress 2016, VII European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering / M. Papadrakakis, V. Papadopoulos, G. Stefanou, V. Plevris (eds.). - 2016. – Vol.1 – P. 1920-1929.

01.01.07

[1]И.Б. Юмов канд. физ.-мат. наук, [2]Ц.Ж. Юмова канд. физ.-мат. наук

[1]Бурятский государственный университет,
Институт математики и информатики,
кафедра прикладной математики и дифференциальных уравнений,
[2]Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,
строительный факультет, кафедра высшей математики,
Улан-Удэ, igyumov@mail.ru, syum@mail.ru

ОБ АСИМПТОТИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ УЗЛОВ ВЕСОВОЙ КВАДРАТУРНОЙ ФОРМУЛЫ ТРАПЕЦИЙ

В статье исследуется весовая квадратурная формула трапеций с асимптотически оптимальным распределением узлов в пространстве Соболева. Рассмотрены примеры нахождения асимптотически оптимального распределения узлов для некоторых гладких и негладких весовых функций.

Ключевые слова: *весовые квадратурные формулы, асимптотически оптимальное распределение узлов, пространство Соболева.*

Введение. В теории приближенного интегрирования функциональные методы стали широко применяться, начиная с работ С.М. Никольского и первого издания его монографии [1,2]. В работах С.Л. Соболева [3], В.И. Половинкина [4], М.Д. Рамазанова [5], Ц.Б. Шойнжурова [6] были построены асимптотически оптимальные кубатурные формулы с узлами на решетках в различных шкалах функциональных пространств L_2^m, L_p^m, W_p^m. В частности, было показано, что кубатурные формулы с пограничным слоем и постоянным весом на решетках асимптотически оптимальны в вышеупомянутых пространствах.

Обзор наиболее важных результатов, полученных по экстремальным задачам отыскания оптимальных квадратурных формул до конца восьмидесятых годов прошлого века, приведен Н.П. Корнейчуком в дополнении к монографии С.М. Никольского [2]. Описание современного состояния теории оптимальных квадратурных формул можно найти в [7].

Асимптотически оптимальное распределение узлов. В работе [8], используя схему Н.С. Бахвалова [10], было исследовано асимптотически оптимальное распределение узлов весовой квадратурной формулы трапеций в пространстве $W_\infty^1\ (0,1)$ с нормой

$$\|f, W_\infty^1\ (0,1)\| = \sup_{0\le\alpha\le 1,\ \ x\in(0,1)} \operatorname{vrai}\ \ |D^\alpha f(x)|.$$

Целью работы является уточнение вывода основного результата работы [8] и обоснование правомерности рассмотренных ниже содержательных примеров нахождения асимптотически оптимального распределения узлов квадратурной формулы трапеций для некоторых гладких и негладких весовых функций.

Пусть неотрицательная весовая функция $p(x) \in L_1(0,1)$, а подынтегральная функция $f(x) \in W_\infty^1(0,1)$.

Рассматривается приближенное вычисление интеграла

$$I(f) = \int_0^1 p(x)f(x)dx.$$

Пусть отрезок интегрирования [0,1] разбит на части $[x_{\gamma-1}, x_\gamma],\ \gamma = 1,2,\dots,N,\ \ x_0 = 0,$ $x_N = 1$ и интеграл по каждой части вычисляется по формуле трапеций, т.е.

$$\int_0^1 p(x)f(x)dx = \sum_{\gamma=1}^{N} \int_{x_{\gamma-1}}^{x_\gamma} p(x)f(x)dx,$$

$$\int_{x_{\gamma-1}}^{x_\gamma} p(x)f(x)dx \approx \int_{x_{\gamma-1}}^{x_\gamma} p(x)l_1(x - x_{\gamma-1})dx = (x_\gamma - x_{\gamma-1}) \sum_{\beta=0}^{1} C_\beta(\gamma) f\left(x_{\gamma-1+\beta}\right),$$

где коэффициенты определяются по формулам

$$C_\beta(\gamma) = \int_{x_{\gamma-1}}^{x_\gamma} p(x) l_1(x) dx,$$

$l_1(x)$ – интерполяционный многочлен Лагранжа первой степени. Как известно, оценка погрешности составной квадратурной формулы трапеций имеет вид

$$R = \sum_{\gamma=1}^{N} p(x_{\gamma-1}) \left(x_\gamma - x_{\gamma-1}\right)^3 \max_{x\in[x_{\gamma-1},x_\gamma]} |f''(x)| \frac{1}{12}. \quad (1)$$

Пусть $|f''(x)| \le M$ и $f(x) \in W_\infty^1(0,1)$, и в качестве x_γ взяты значения $\varphi\left(\frac{\gamma}{N}\right)$ непрерывно дифференцируемой функции $\varphi(t)$, удовлетворяющей условиям

$$\varphi(0) = 0, \varphi(1) = 1. \quad (2)$$

Из формулы Тейлора имеем

$$x_\gamma - x_{\gamma-1} = \varphi\left(\frac{\gamma}{N}\right) - \varphi\left(\frac{\gamma-1}{N}\right) = \varphi'\left(\frac{\gamma}{N}\right)\frac{1}{N} + o\left(\frac{1}{N}\right) \quad \text{при} \quad N \to \infty.$$

Отсюда и из (1) имеем

$$\sum_{\gamma=1}^{N} p(x_\gamma) \frac{\left(x_\gamma - x_{\gamma-1}\right)^3}{12} M \cong \frac{M}{12N^2}\left\{\sum_{\gamma=1}^{N} p(x_\gamma)\left(\varphi'\left(\frac{\gamma}{N}\right)\right)^3 \frac{1}{N}\right\} + o\left(\frac{1}{N^3}\right).$$

Выражение в фигурных скобках в последней формуле является квадратурной суммой Римана для интеграла

$$A = \int_0^1 p\big(\varphi(t)\big)\big(\varphi'(t)\big)^3 dt.$$

Следовательно,

$$\bar{R} = \frac{M}{12N^2}\int_0^1 p\big(\varphi(t)\big)\big(\varphi'(t)\big)^3 dt + o\left(\frac{1}{N^2}\right) \quad \text{при} \quad N \to \infty. \quad (3)$$

Задача минимизации главного члена погрешности (3) приводит к уравнению, рассмотренному в работе [8]

$$p(\varphi)\big(\varphi'(t)\big)^3 = C_0. \quad (4)$$

Проведенные выкладки позволяют сформулировать теорему, полученную в работе [8] (см. также [9]).

Теорема 1. Пусть $p(x) \in L_1(0,1)$, $f(x) \in W_\infty^1(0,1)$ и

$$\max_{x\in[0,1]} |f''(x)| \le M.$$

Тогда асимптотически оптимальное распределение узлов составной квадратурной формулы трапеций определяется непрерывно дифференцируемой на [0,1] функцией $\varphi(t)$, являющейся решением уравнения (4), удовлетворяющим условиям (2).

Примеры асимптотически оптимального расположения узлов. Рассмотрим содержательные примеры нахождения асимптотически оптимального расположения узлов весовой квадратурной формулы трапеций для различных весов.

Пример 1. Пусть вычисляется серия интегралов

$$\int_0^1 a^{sx} f(x) dx,$$

где s, a – параметры серии ($a > 0, a \ne 1, s \in \mathbb{R}, s \ne 0$), $p(x) = a^{sx}$ – весовая функция. Уравнение (4) примет вид

$$a^{sx}\big(\varphi'(t)\big)^3 = C_0. \quad (5)$$

Отсюда получаем решение (5) с учетом условий (2)

$$\varphi(t) = \frac{3}{s}\log_a\Big(\big(a^{s/3} - 1\big)t + 1\Big).$$

Таким образом, асимптотически оптимальным расположением узлов является

$$x_\gamma = \frac{3}{s}\log_a\left(\big(a^{s/3} - 1\big)\frac{\gamma}{N} + 1\right), \quad \gamma = \overline{0, N}.$$

Пример 2. Пусть вычисляется серия интегралов

$$\int_0^1 |x-a|^s f(x)dx,$$

где a, s – параметры серии. Здесь $s > -1,\ a \in [0,1]$.

Если $a = 0$ или $a = 1$, то асимптотически оптимальное расположение узлов формулы трапеций (из уравнения (4) с начальными условиями (2)) находится в явном виде:

$$x_\gamma = \left(\frac{\gamma}{N}\right)^{\frac{3}{3+s}},\quad \gamma = \overline{0,N},\quad \text{при } a = 0, \tag{6}$$

$$x_\gamma = 1 - \left(1 - \frac{\gamma}{N}\right)^{\frac{3}{3+s}},\quad \gamma = \overline{0,N}\ ,\quad \text{при } a = 1. \tag{7}$$

Пусть $a \in (0,1)$. Вначале рассмотрим частный случай $a = 1/2$ и N четно. В силу симметричности отрезок интегрирования можно разбить на два отрезка одинаковой длины и на каждом из них находится асимптотически оптимальное расположение $N/2$ узлов формулы трапеций аналогично тому, как были получены формулы (6) и (7). Имеем две серии узлов для каждого из отрезков

$$x_\gamma^{(1)} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\left(1 - \frac{2\gamma}{N}\right)^{3/(3+s)},$$

и

$$x_\gamma^{(2)} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\left(\frac{2\gamma}{N}\right)^{\frac{3}{3+s}},$$

где $\gamma = \overline{0, [N/2]+1}$, $[\cdot]$ – целая часть числа. Объединив обе серии узлов, получаем асимптотически оптимальное расположение узлов рассматриваемой квадратурной формулы на всем отрезке [0,1].

Рассмотрим случай произвольного $a \in (0,1)$. Для нахождения функции $\varphi(t)$ из задачи (4), (2) получаем уравнение

$$\int_0^{\varphi} |x-a|^{\frac{s}{3}}\,dx = t\int_0^1 |x-a|^{\frac{s}{3}}\,dx, \tag{8}$$

которое имеет единственное решение при $t \in [0,1]$. В общем случае уравнение (8) решается приближенно для конкретных значений a и $t = \gamma/N$, $\gamma = \overline{0,N}$, и тем самым находятся асимптотически оптимальные узлы x_γ.

Пример 3. Пусть вычисляется серия интегралов

$$\int_0^1 \frac{f(x)}{x^s(1-x)^q}\,dx,$$

где s, q – параметры серии, $s, q < 1$.

Решение задачи (4), (2) с весовой функцией $p(x) = x^{-s}(1-x)^{-q}$ приводит к уравнению для нахождения $\varphi(t)$

$$\varphi^{1-\frac{s}{3}}\,\mathrm{F}\left(\frac{q}{3}, 1-\frac{s}{3}; 2-\frac{s}{3}; \varphi\right) = t\left(1-\frac{s}{3}\right)\mathrm{B}\left(1-\frac{q}{3}, 1-\frac{s}{3}\right), \tag{9}$$

где $\mathrm{F}(\alpha, \beta; \gamma; x)$ – гипергеометрическая функция Гаусса, $\mathrm{B}(\alpha, \beta)$ – бета-функция Эйлера.

Корни $\varphi\left(\frac{\gamma}{N}\right)$ уравнения (9) при $t = \gamma/N$, $\gamma = \overline{0,N}$, и образуют искомую асимптотически оптимальную систему узлов x_γ.

Заключение. Проведенные численные расчеты показали хорошую эффективность весовой квадратурной формулы трапеций с асимптотически оптимальным расположением узлов по сравнению с весовой формулой трапеций с равномерной решеткой узлов.

Список литературы

1. *Никольский С.М.* Квадратурные формулы // Изв. АН СССР. Сер. мат. 1952. Т. 16, №2. С. 181–196.
2. *Никольский С.М.* Квадратурные формулы. – 4-е изд., доп. с добавлением Н.П. Корнейчука. – М.: Наука, 1988. – 256 с.
3. *Соболев С.Л.* Введение в теорию кубатурных формул. – М.: Наука, 1974. – 808 с.
4. *Половинкин В.И.* Асимптотически наилучшие последовательности кубатурных и квадратурных формул // Теория кубатурных формул и вычислительная математика: Тр. конф. по дифференц. уравнениям и вычисл. математике / Отв. ред. С.Л. Соболев. – Новосибирск, 1980. – С. 116-118.
5. *Рамазанов М.Д.* Лекции по теории приближенного интегрирования. – Уфа: Изд-во Башкир.ун-та, 1973. – 174 с.
6. *Шойнжуров Ц.Б.* Оценка нормы функционала погрешности кубатурных формул в различных функциональных пространствах. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2005. – 247 с.
7. *Боянов Б.Д.* Оптимальные квадратурные формулы // Успехи матем. наук, 2005. Т. 60. Вып. 6 (366). С. 33 – 52.
8. *Шойнжуров Ц.Б., Арсаланов А.А., Намсараева Г.В.* Оптимизация распределения узлов квадратурной формулы в пространстве Соболева / Вестник ВСГТУ, Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ. 2009. № 1. С. 5 – 8.
9. *Шойнжуров Ц.Б., Арсаланов А.А., Намсараева Г.В.* Асимптотически оптимальное расположение узлов квадратурной формулы / Кубатурные формулы и их приложения: X международный семинар-совещание: Труды международного семинара-совещания «Кубатурные формулы и их приложения» Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2009. С. 191 – 198.
10. *Бахвалов Н.С.* Численные методы. – М.: Наука, 1973. – 631 с.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ (02.00.00)

02.00.15

А.В. Быков канд. хим. наук, Г.Н. Демиденко канд. хим. наук,
А.А. Добрянская, З.О. Нехаева, Л.Ж. Никошвили канд. хим. наук

Тверской государственный технический университет,
Тверь, BykovAV@yandex.ru

ПОЛИМЕРСТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ЖИДКОФАЗНОГО ГИДРИРОВАНИЯ АНИЛИНА

Изучена активность и селективность процесса жидкофазного гидрирования анилина в присутствии каталитических систем Pd/MN100, Pt/MN100, Ru/MN100. Методами ИК-спектроскопии и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии изучены стабильность полимера в процессе каталитического цикла и состав металлосодержащих фаз каталитических систем.

Ключевые слова: *гидрирование анилина, катализатор, стабильность.*

Каталитическое восстановление ароматических соединений, в том числе, бензола, нафталина и анилина, находит применение как тест-реакции активности металлосодержащих каталитических систем [1], так и в реальных процессах нефтехимической промышленности. В таких системах активность и стабильность в значительной степени зависит от взаимодействия металлических частиц с носителем [2] и особенно сильно проявляется для систем, содержащих частицы от субнанометрового размера до нескольких нанометров[3-6].

Настоящая работа посвящена исследованию каталитической активности и стабильности систем на основе металлов платиновой группы стабилизированных в промышленном сверхсшитом полистироле марки MN100 в реакции гидрирования анилина в алканах.

1 Методы и методики

Каталитические системы Pt/MN100, Pd/MN100, Ru/MN100, содержащие 2% металла, были синтезированы пропиткой порошка полимера MN100 (Purolite Inc.) по влагоемкости раствором платиновой кислоты, ацетата палладия или основного хлорида рутения (IV),соответственно, после чего образцы сушили при 70 ^{0}C и восстанавливали при 300 ^{0}C в токе водорода (100 мл/мин) в течение трех часов.

Каталитический эксперимент: в реактор-автоклав загружали предварительно восстановленный катализатор, взвешенный с точностью до $1\cdot10^{-4}$ г, добавляли расчетное количество анилина и 40 мл растворителя, после чего реактор герметизировали, продували азотом, устанавливали давление 3 МПа, устанавливали выбранную скорость перемешивания и грели до температуры 150 ^{0}C. После достижения температуры реакции азотную атмосферу заменяли водородом и вели реакцию, отбирая в установленное время 10 проб.

Методика хроматомасс-спектрометрического анализа катализата представлена в [7]. Методики инфракрасной спектроскопии и рентгенофотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) катализаторов представлены в [8].

2 Результаты и обсуждение

Исследование активности процесса жидкофазного гидрирования анилина и его селективности по циклогексиламину в присутствии каталитических систем Pt/MN100, Pd/MN100, Ru/MN100 проводили в периодическом реакторе-автоклаве при общем давлении 3 МПа и температуре 150 ^{0}C в додекане и гексане. Оценивали такие параметры процесса как селективность по циклогексиламину (S) и приведенную скорость при 50% конверсии субстрата ($W_{50\%}$). Результаты каталитических тестов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты каталитического тестирования

Катализатор	Гексан		Додекан	
	S, %	$W_{50\%}$	S, %	$W_{50\%}$
Pt/MN100	50.7	0.18	75.4	0.06
Ru/MN100	87.1	0.05	94.0	0.09
Pd/MN100	40.8	0.08	38.8	0.06

Как следует из представленных данных, наиболее активно процесс протекает в гексане в присутствии платиносодержащей каталитической системы, наиболее селективно - в присутствии рутениевой каталитической системы в среде додекана.

3 Стабильность каталитической системы

В ходе ИК-исследования была изучена стабильность полимерной матрицы каталитических систем в ходе формирования катализатора и первого каталитического цикла (Рисунки 1-3). Как следует из данных рисунков 1-3, в ходе восстановления каталитических систем наблюдается уменьшение интенсивности полос поглощения в диапазонах волновых чисел 3600-3100 $см^{-1}$ и 1800-1600 $см^{-1}$, отвечающих поглощению карбоксильных групп и ОН-групп. Для рутенийсодержащей каталитической системы наблюдается возрастание интенсивности полос поглощения в диапазоне 2400-2300 $см^{-1}$, что соответствует поглощению адсорбированного углекислого газа, образующегося в результате частичного декарбоксилирования полимерной матрицы.

Сравнение ИК-спектров восстановленных каталитических систем и систем после эксперимента для Pd/MN100 и Ru/MN100 показывает их совпадение, что говорит о стабильности полимерной матрицы в ходе каталитического цикла.

Для установления природы активных фаз каталитических систем был проведен анализ восстановленной каталитической системы и каталитической системы после реакции методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.

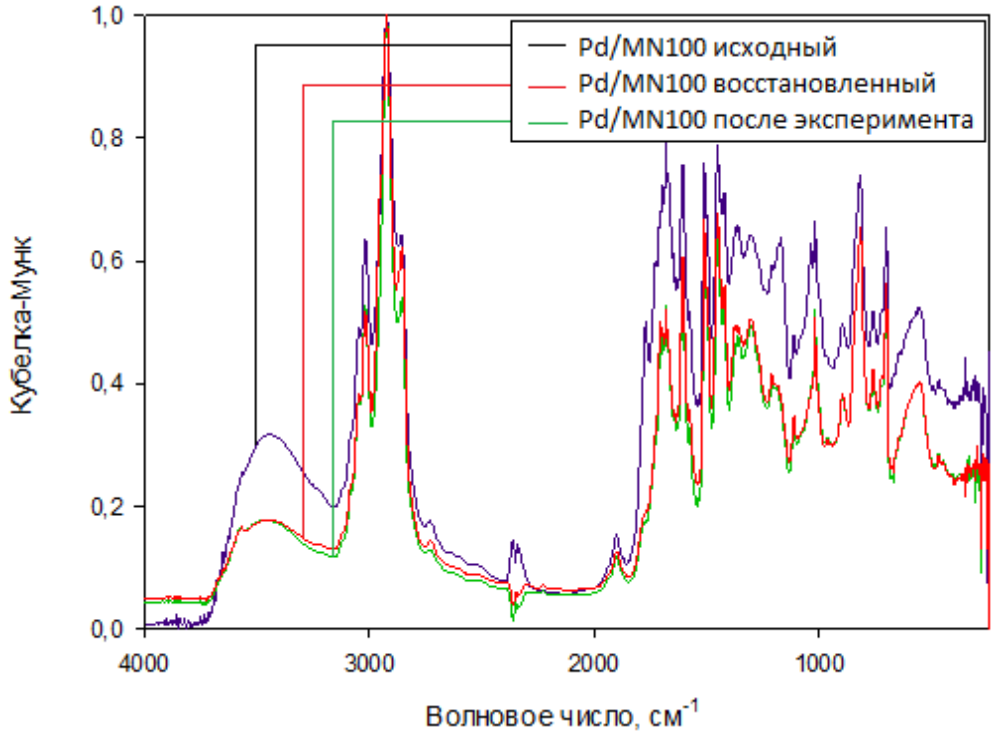


Рис. 1– ИК-спектр диффузного отражения каталитической системы Pd/MN100

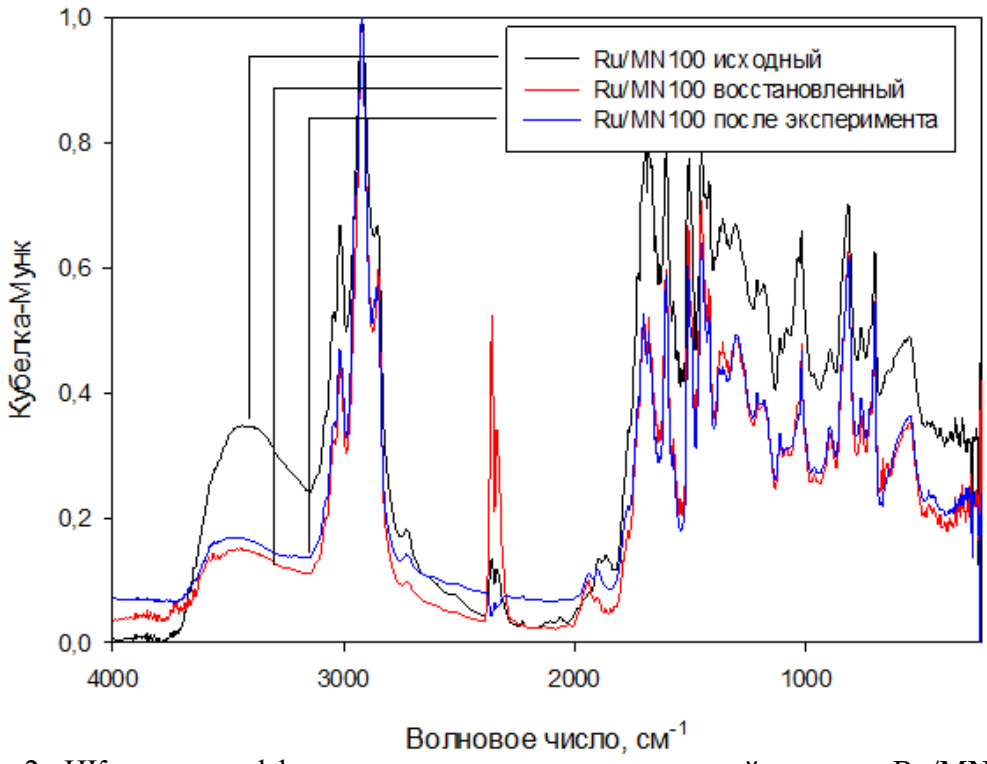


Рис. 2– ИК-спектр диффузного отражения каталитической системы Ru/MN100

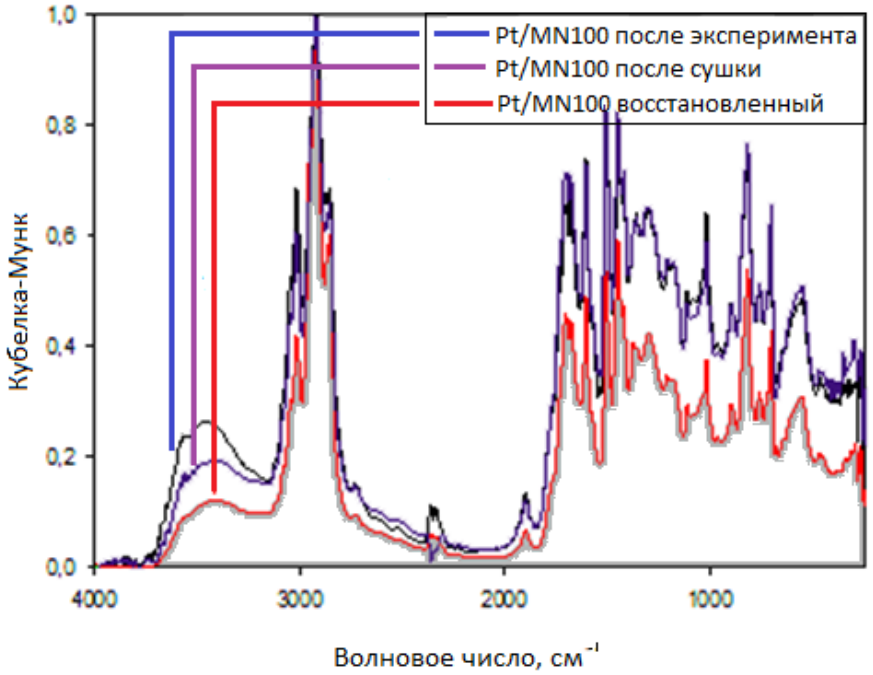


Рис. 3– ИК-спектры диффузного отражения каталитической системы Pt/MN100

Анализ спектров высокого разрешения подуровней Pd 3d, Ru 3d и Pt 4f позволил установить состав металлосодержащих фаз поверхности каталитических систем. Сравнение составов фаз восстановленных каталитических систем и систем после реакции позволяет заключить, что состав металлосодержащих фаз в ходе каталитического цикла остается практически неизменным.

Таблица 2 – Состав металлосодержащих фаз поверхности каталитических систем

	Восстановленный, %	После теста, %
Pd/MN100		
Pd(0)	23.7	23.8
Pd_n	24.9	18.9
PdO	51.4	57.3
Ru/MN100		
RuO_2	61.4	62.5
RuO_2*nH_2O	38.6	37.5
Pt/MN100		
$Pt(OH)_2$	52.0	51.8
H_2PtCl_6	0.7	0.8
PtO_2	11.2	13.0
Pt(0)	36.1	34.4

Таким образом, в ходе исследований показано, что каталитическая система Ru/MN100 позволяет достигать высокой селективности по циклогексиламину в жидкофазном процессе гидрирования анилина, полимерная матрица остается стабильной в ходе каталитического процесса, а каталитически активной фазой является оксид рутения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 16-08-00355).

Список литературы

1. *Toppinen S., Rantakyla T.-K., Salmi T., Aittamaa J.* // Ind. Eng. Chem. Res. 1996. V. 35. P. 1824.
2. *Vishwanathan V., Rajashekar M.S., Sreekanth G., Narayanan S.* // J. Chem. Soc., Faraday Trans. 1991. V. 87. Iss. 20. P. 3449.
3. *Gates B.C.*, Catalytic Chemistry, Wiley, Singapore, 1992, Pp. 384–387.
4. *Del Angel G.A., Coq B., Figueras F. //* J. Catal. 1985. V. 95. P. 167.
5. *Fouche V., Magnoux P., Guisnet M.* // Appl. Catal. 1990. V. 58. P. 189.
6. *Martin G.A., Dalmon J.A.* // J. Catal. 1982. V. 75. P. 233.
7. *Демиденко Г.Н., Евдокимова Д.В., Забрусская А.В., Быков А.В.* Платина, стабилизированная в полимерной матрице, в жидкофазном гидрировании аренов // Научно-технический вестник Поволжья, 2016. – Том 5. – С. 34-36.
8. *Самойлова Г.В., Демиденко Г.Н., Никошвили Л.Ж., Быков А.В.* Природа активной фазы полимерстабилизированной рутенийсодержащей каталитической системы жидкофазного синтеза N-метиланилина // Научно-технический вестник Поволжья, 2016. – Том 5. – С. 46-48.

02.00.15

[1]Н.В. Лакина канд. хим. наук, [1]В.Ю. Долуда канд. хим. наук,
[2]Г.Ю. Рабинович д-р биол. наук, [1]Е.О. Долуда, [1]М.Е. Лакина

[1]Тверской государственный технический университет,
кафедра биотехнологии и химии,
[2]ФГБНУ Всероссийского НИИ милиорированных земель,
Тверь, lakina@yandex.ru

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИЧИСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА ТОРФА ВЕРХОВОГО ТИПА, КАК ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Данная работа посвящена изучению эффективности применения различных по содержанию гидролаз мультиферментных комплексов в процессе получения D-глюкозы, как исходного сырья в производстве биоэтанола. Была установлена высокая эндоглюканазная активность ферментативной системы гриба Geotrichum candidum 1 (3000 ед/г), Geotrichum candidum 2 (4000 ед/г) и Trichoderma longibrachiatum (1100 ед/г) при pH 4.5, T=40^{0}C. Представлена кинетическая схема действия целлюлолитических ферментов, состоящая из реакций последовательно-параллельного действия нескольких ферментов, входящих в состав целлюлазного комплекса ферментов, выделенных из Geotrichum candidum, Trichoderma reesei, Rapidase, Trichoderma koningii, Trichoderma lignorum, Trichoderm longibrachiatum, Aspergillus niger.

Ключевые слова: *целлюлозолитические микроорганизмы, торф верхового типа, биотрансформация, D-глюкоза, мультиферментный комплекс, кинетические параметры, биотопливо.*

Введение

Целлюлоза растительной биомассы представляет собой практически неисчерпаемый источник возобновляемого сырья, которое может быть конвертировано ферментативным путем в глюкозу. В последнее время усилия исследователей направлены на поиск целлюлолитических ферментов, способных мягко воздействовать на поверхность целлюлозного субстрата, не приводя к глубокой деструкции целлюлозной матрицы, что позволяет проводить процессы в более мягких условиях и уменьшает ущерб, наносимый окружающей среде [1].

Экспериментальная часть

Выделение и очистка целлюлаз грибных микромицетов

Для выделения и очистки фракций белков, обладающих целлюлазной активностью, использовали 12-суточную культуральную жидкость грибных микромицетов, так как именно в этот период активность фермента достигала своего максимального уровня. На всех этапах очистки ферментов целлюлазного комплекса учитывали удельную активность, соответствующую выходу очищаемого белка. Данную культуральную жидкость концентрировали на роторном испарителе до объема 20 мл. Полученный концентрат культуральной жидкости обессоливали на колонке с сорбентом Сефадекс G-10, активные фракции собирали вместе и высушивали лиофильно.

Анализ ферметного гидролизата торфа

В ходе анализа была использована хроматографическая система «Хроматэк-Кристалл ВЭЖХ 2014», снабженная рефрактометрическим детектором. В качестве калибровочных стандартов при определении концентрации сахаров в гидролитическом растворе использовали D-глюкозу кристаллическую гидратную, D-галактозу, D-мальтозу, D-рамнозу, D-ксилозу, D-фруктозу ($C_м$=0.01 моль/л).

Результаты и их обсуждение

В процессе изучения влияния различных ферментативных комплексов на процесс гидролиза торфа с получением D-глюкозы важно исследовать влияния факторов внешней среды и условий проведения экспериментов на активность целлюлазных комплексов [2,3].

С целью исследования воздействия pH среды и температуры на целлюлазные комплексы разного состава был произведен опыт в условиях pH 4.5 и температуре 40 ºС (Таблица).

Таблица – Зависимость активности целлюлазных комплексов от микробиологического источника их получения при ферментативном гидролизе целлюлозы (pH 4.5, T=40^{0}C)

Удельная активность ферментного комплекса, ед/г	Geotrichum candidum 1	Trichoderma reesei	Rapidase	G. candidum 2	Trichoderma koningii	Trichoderma. lignorum	Trichoderma longibrachiatum	Asp. Niger(Serva)	Asp. Niger
Эндоглюканаза	3000	600	520	4000	60	830	1100	100	270
Целлобиаза	60	20	1	1000	10	270	70	560	27
Экзоглюканаза	250	100	6	800	16	200	175	<3	<0.5
Характеристика препаратов	Дефицит по целлобиазе			Относительно сбалансированные комплексы				Дефицит по экзоглюка-зидазе	

Анализ таблицы демонстрирует высокие показатели удельной активности в условиях дефицита по целлобиазе ферментативной системы на основе гриба *Geotrichum candidum* (3000 ед/г эндоглюканазы, 60 ед/г целлобиазы, 250 ед/г экзоглюканазы), в условиях оптимально сбалансированных комплексах – целлюлазного комплекса на основе гриба *G. candidum* (4000 ед/г эндоглюканазы, 1000 ед/г целлобиазы и 800 ед/г экзоглюканазы) и в условиях дефицита по экзоглюканазе – целлюлазного комплекса на основе гриба *Asp. niger* (Serva) (100 ед/г эндоглюканазы, 560 ед/г, целлобиазы и <3 ед/г экзоглюканазы) [4-6].

Для изучения кинетических параметров ферментативного гидролиза целлюлозы можно предложить кинетическую схему действия целлюлолитических ферментов, в которой представлены реакции последовательно-параллельного действия нескольких ферментов, входящих в состав целлюлазного комплекса (рисунок).

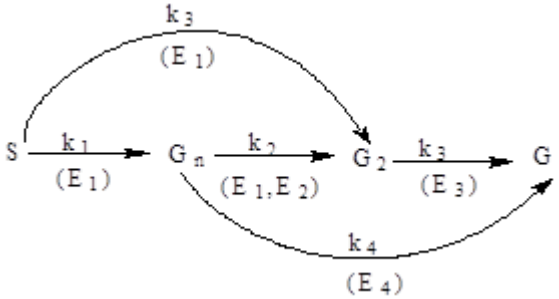


Рис. – Кинетическая схема действия целлюлолитических ферментов

Эндоглюканаза (E_1) атакует исходный нерастворимый субстрат (S), приводя к образованию целлоолигосахаридов различной степени полимеризации (G_n), а также целлобиозы (G_2) и может образовываться в виде продукта специфического действия целлобиогидралазы (E_2). Целлобиоза гидролизуется до глюкозы (G) под действием еще одного фермента целлюлазного комплекса – целлобиазы (E_3). Экзоглюкозидаза (E_4) шунтирует полиферментную систему, превращая промежуточные целлоолигосахариды в глюкозу.

При увеличении продолжительности реакции зависимость концентрации образующейся глюкозы от времени асимптотически приближается к прямой, угловой коэффициент которой равен стационарной скорости процесса. Период индукции определяется отрезком, отсекаемым на оси асимптотической прямой, и задается следующим выражением (1).

$$\tau = \frac{V_5/V_{15}}{k_3} + \frac{V_1/V_{15}}{k_3\left(1+\frac{k_4}{k_2}-\frac{k_3}{k_2}\right)} + \frac{V_1/V_{15}}{k_4\left(1+\frac{k_2}{k_1}\right)\left(1+\frac{k_2}{k_4-k_3}\right)} \quad (1)$$

где V_1 и V_5 – максимальные скорости реакции на отдельных стадиях ферментативного гидролиза целлюлозы. Индекс 1 соответствует действию эндоглюканазы, 2 – целлобиогидралазы, 3 – целлобиазы, 4 – экзоглюканазы на целлоолигосахариды, 5 – стадии образования целлобиозы при действии эндоглюканазы на исходный субстрат. Постоянные k_i (i=2,3,4) соответствуют константам скоростей псевдопервого порядка превращения промежуточных метаболитов (олигосахаридов и целлобиозы) при условии, что концентрации последних в ходе реакции малы по сравнению с соответствующими значениями констант Михаэлиса [7,8].

Анализ активности отдельных компонентов и кинетических характеристик целлюлазных комплексов (pH 4.5; T= 40^0C) по *Trihoderma reesei* позволил придти к выводу о том, что для препаратов, содержащих данный фермент присущ дефицит по целлобиазе (20 ед. акт.), а содержание эндоглюканазы и экзоглюканазы составило 600 и 100 единиц активности соответственно.

Выводы

Проведенные кинетические исследования показали, что D-глюкоза не образуется непосредственно из исходного субстрата (торф верхового типа), а является продуктом последующей деградации целлюлоза и промежуточных метаболитов целлюлазной системы. Теоретический обзор литературы и полученные данные указывают на эффективность применения ферментных систем в процессе гидролитической переработки торфа верхового типа, как целлюлозосодержащего сырья, для получения D-глюкозы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №16-08-00158.

Список литературы

1. *Zang Meng,* Xiiaoxu *Song, T.W. Deines, Z.J. Pei, Donghai Wang* Biofuel manufacturing from woody biomass: effects of sieve size used in biomass size reduction // Journal of Biomedicine and Biotechnology. - 2012. - Vol.212. – P.1-9.

2. *Гаврилов С.В., Канарский А.В., Скворцов Е.В.* Ферментативная активность мицелиального гриба Trichoderma reesei M18 при культивировании на питательной среде из целлолигнина торфа . ISSN 0536 – 1036. ИВУЗ. «Лесной журнал». 2016. № 6.

3. *Клесов, А.А, Синицын А.П.* Ферментативный гидролиз целлюлозы. IV. Влияние физико-химических и структурных факторов на эффективность ферментативного гидролиза // Биоорг. Химия. – 1981. № 7. - С. 1801-1812.

4. *Lombard V., Ramulu H., Golaconda H., Drula E* . The carbohydrate-active enzymes database (CAZy) // Nucleic Acids Res. -2014. - Vol.42. – P.490–495.

5. *Лакина Н.В., Петрова А.И.* Исследование влияния температуры гидролиза лигноцеллюлозного сырья на выход редуцирующих веществ // Вестник ТвГТУ, №1, вып. 31, Тверь, 2017. С. 144-147.

6. *Лакина Н.В., Петрова А.И., Матвеева В.Г., Шкилева И.П.* Преимущества биотехнологических способов преобразования лигноцеллюлозного сырья в ценные продукты / // Вестник ТвГУ. Серия «Химия», № 3, 2017. С. 122-126.

7. *Kiio I.K., Jackim M.F., Munyali W.B., Muge E. K.* Isolation and characterization of cellulolytic bacteria from soils excavated from geothermal wells along the Kenyan Rift Valley/ Nairobi: University of Nairobi, 2014. - 86 p.

8. *Saini, A., Aggarwa N., Sharma A., Yadav A.* Actinomycetes: A Source of Lignocellulolytic Enzymes// Enzyme Research. - 2015. - Vol.215. - P.1-15.

02.00.15

[1]Н.А. Немыгина, [2]Е.С. Бахвалова, [2]Л.Ж. Никошвили канд. хим. наук,
[2]Э.М. Сульман д-р хим. наук

Тверской государственный технический университет,
Химико-технологический факультет,
[1]кафедра Стандартизации, сертификации и управления качеством,
[2]кафедра Биотехнологии и химии,
Тверь, n.nemygina@gmail.com

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ В РЕАКЦИЯХ СУЗУКИ, ХЕКА И СОНОГАШИРА

В статье рассмотрена возможность использования биметаллических (Au-Pd и Pd-Cu) катализаторов в реакциях кросс-сочетания Сузуки, Хека и Соногашира. Было обнаружено, что введение второго металла-модификатора (Cu или Au) способно существенно повысить эффективность (активность, селективность и стабильность) безлигандных Pd-содержащих каталитических систем.

Ключевые слова: *реакция Сузуки, реакция Хека, реакция Соногашира, сверхсшитый полистирол, биметаллический катализатор, палладий*

Традиционно реакции кросс-сочетания Хека, Сузуки и Соногашира проводится с использованием палладиевых комплексов, содержащих лиганды на основе соединений фосфора и азота, в качестве катализаторов, поэтому большое внимание исследователей привлекает разработка новых лигандов. Однако, большинство таких лигандов дорогостоящи, что существенно ограничивает их применение в промышленности [1].

Кроме того, основным недостатком гомогенных палладиевых катализаторов является трудность их отделения от продуктов реакции для повторного использования (требуется дополнительное привлечение таких методов, как хроматография, кристаллизация или обработка активированным углем) [2].

Указанные недостатки можно устранить с помощью безлигандных палладиевых катализаторов, так как они могут быть легко отделены от реакционной смеси и использованы повторно [3]. В качестве носителей в таких катализаторах используют активированный уголь, цеолиты и молекулярные сита, оксиды металлов, пористое стекло, ионообменные смолы, микропористые металл-органические оболочки [4] и полимеры [5]. Например, L. Rumi et al. [6] было показано, что палладий, нанесенный на оксид графита (Pd/GO) может быть использован в реакциях кросс-сочетания Хека, Сузуки и Соногашира. В случае реакции Сузуки между фенилбороновой кислотой и различными арил хлоридами конверсия варьировалась от 8 до 95%. При использовании Pd/GO в реакциях Хека и Соногашира конверсия некоторых субстратов составила >95% [6]. Однако, несмотря на успехи, достигнутые в некоторых случаях, общим недостатком всех существующих для этой реакции каталитических систем является потеря каталитической активности в результате вымывания палладия из катализатора [7]. Кроме того, недостатком многих каталитических систем, в том числе и наночастиц палладия, стабилизированных полимерами, является необходимость добавления агента фазового переноса для проведения реакции в водной среде [8].

Помимо монометаллических катализаторов в реакциях кросс-сочетания могут применятся биметаллические (Pd-Au) катализаторы. Так, например, были синтезированы два биогенных катализатора, содержащих соответственно Pd и Pd-Au, осажденных на бактерию *Shewanella oneidensisas*. Результаты показали, что добавление золота значительно улучшает каталитическую активность (конверсия составила 95 – 100%). Почти во всех случаях конверсия арилгалогенида увеличилась при использовании биметаллического катализатора по сравнению с чистым палладием [9].

Каталитическое поведение биметаллических Pd/Au наночастиц в реакции кросс-сочетания Сузуки было исследовано M. Nasrollahzadeh et al [10]. Сканирующая электронная микроскопия показала, что в данном катализаторе наночастицы палладия находятся на поверхности частиц золота. В оптимальных условиях было исследовано сочетание различных арил-йодидов и арил-бороновых кислот, содержащих электрон-донорные и электрон-акцепторные группы. Во всех случаях выход продукта составил от 86 до 90%. Кроме того, катализатор оказался стабильным в течение четырех последовательных рециклов [10]. Улучшение активности катализатора при добавлении золота вероятнее всего связано с изменением электронной структуры каталитически активного металла (Pd), а также с формированием маленьких наночастиц палладия и структурными изменениями в катализаторе [11].

M. Nasrollahzadeh с соавт. также сообщили [12] об использовании биметаллических Au/Pd наночастиц в реакции Хека между различными арилгалогенидами и замещенными стиролами в водной среде. В результате были получены выходы продуктов от 85 до 94% в зависимости от субстратов. Кроме того, полученный катализатор оказался стабильным при четырехкратном повторном использовании в реакции между йодбензолом и стиролом (выход снизился с 92 до 90%) [12].

Биметаллические катализаторы на основе меди (Pd-Cu) также способны повысить эффективность процессов кросс-сочетания. Однако существует крайне ограниченное число литературных данных, посвященных исследованиям в области применения безлигандных медь-содержащих каталитических систем в реакциях кросс-сочетания.

В работе [13] было показано, что соединения меди (CuCl > CuBr, Cu2O > CuI) являются эффективными допантами в случае кросс-сочетания Сузуки, катализируемого ацетатом палладия: в присутствии CuCl выход продуктов реакции кросс-сочетания различных арил-галидов и производных 2-пиридилбороновой кислоты достигал 89%. Похожие данные были получены Crowley с соавт. [14], предположившими, что при добавлении в реакционную смесь CuCl трансметаллирование с бора на медь протекает быстрее, чем на палладий, что приводит к ускорению процесса кросс-сочетания в целом.

M. Nasrollahzadeh at al. [15] были получены наночастицы Pd/CuO с использованием экстракта семян *Theobroma cacao L.* и исследованы в реакции кросс-сочетания Хека между различными арил галидами и метилакрилатом. В результате были получены высокие выходы (80 – 98%) соответствующих продуктов. Кроме того, катализатор оказался стабильным на протяжении нескольких циклов реакции [15].

D. Zhang с соавт. [16] показали, что наночастицы Pd-Cu, нанесенные на алюминиевую фольгу, могут быть использованы в реакции Хека между йодбензолом и стиролом с получением выхода продукта более 80% [16].

Таким образом, можно сделать вывод, что введение второго металла-модификатора (Cu или Au) способно существенно повысить эффективность (активность, селективность и стабильность) безлигандных Pd-содержащих каталитических систем, что, в свою очередь, позволит проводить процессы кросс-сочетания Хека, Сузуки и Соногаширы при более низких температурах с использованием экологически безопасных растворителей, а также снизить или полностью избежать потерь палладия в ходе многократного повторного использования катализаторов.

Ранее было показано, что биметаллические (Au-Pd) катализаторы на основе сверхсшитого полистирола (СПС) являются более активными в реакции кросс-сочетания Сузуки между 4-броманизолом и фенилбороновой кислотой в присутствии NaOH в качестве основания по сравнению с монометаллическими аналогами [17]. Ожидается, что биметаллические катализаторы (Au-Pd и Pd-Cu) на основе СПС также будут высокоактивны в реакциях кросс-сочетания Хека и Соногашира.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-38-00172).

Список литературы

1. *Pan C., Liu M., Zhang L., Wu H., Ding J., Cheng J.* Palladium catalyzed ligand-free Suzuki cross-coupling reaction // Catalysis Communications. 2008. V. 9. P. 321 – 323.
2. *Sołoducho J., Olech K., Świst A., Zając D., Cabaj J.* Recent advances of modern protocol for C-C bonds - the Suzuki cross-coupling // Advances in Chemical Engineering and Science. 2013. V. 3. P. 19 – 32.
3. *Pagliaro M., Pandarus V., Ciriminna R., Beland F., Cara P.D.* Heterogeneous versus homogeneous palladium catalysts for cross-coupling reactions//ChemCatChem.2012.V.4.P.432 – 445.
4. *Zhang M., Gao Y., Li C., Liang C.* Chemical vapor deposition of $Pd(C_3H_5)(C_5H_5)$ for the synthesis of reusable Pd@ZIF-8 catalysts for the Suzuki coupling reaction // Chinese Journal of Catalysis.- 2015. – V. 36. – P. 588 – 594.
5. *Gujral S.S., Khatri S., Riyal P., Gahlot V.* Suzuki cross coupling reaction- a review // Indo Global Journal of Pharmaceutical Sciences. 2012. V. 2. Iss. 4. P. 351 - 367.
6. *Rumi L., Scheuermann G.M., Mülhaupt R., Bannwarth W.* Palladium nanoparticles on graphite oxide as catalyst for Suzuki-Miyaura, Mizoroki-Heck, and Sonogashira reactions // Helvetica Chimica Acta. 2011. V. 94. P. 966 – 976.
7. *Cantillo D., Kappe C.O.* Immobilized transition metals as catalysts for cross-couplings in continuous flow - a critical assessment of the reaction mechanism and metal leaching // ChemCatChem. - 2014. - V. 6.- P. 3286 – 3307.
8. *Jung J.-Y., Kim J.-B., Taher A., Jin M.-J.* $Pd(OAc)_2$ immobilized on Fe_3O_4 as magnetically separable heterogeneous catalyst for Suzuki reaction in water // Bulletin of the Korean Chemical Society. 2009. V. 30. Iss. 12. P. 3082 – 3084.
9. *Heugebaert T.S.A., De Corte S., Sabbe T., Hennebel T., Verstraete W., Boon N., Stevens C.V.* Biodeposited Pd/Au bimetallic nanoparticles as novel Suzuki catalysts // Tetrahedron Letters. 2012. V. 53. P. 1410 – 1412.
10. *Nasrollahzadeh M., Azarian A., Maham M., Ehsani A.* Synthesis of Au/Pd bimetallic nanoparticles and their application in the Suzuki coupling reaction // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2015. V. 21. P. 746 – 748.
11. *Speziali M.G., da Silva A.G.M., Vaz de Miranda D.M., Monteiro A.L., Robles-Dutenhefner P.A.* Air stable ligandless heterogeneous catalyst systems based on Pd and Au supported in SiO_2 and MCM-41 for Suzuki-Miyaura cross-coupling in aqueous medium // Applied Catalysis A: General. 2013. V. 462 – 463. P. 39 – 45.
12. *Nasrollahzadeh M., Banaei A.* Hybrid Au/Pd nanoparticles as reusable catalysts for Heck coupling reactions in water under aerobic conditions // Tetrahedron Letters. – 2015. V. 56. – P. 500 – 503.
13. *Deng J.Z., Paone D.V., Ginnetti A.T., Kurihara H., Dreher S.D., Weissman S.A., Stauffer S.R., Burgey C.S.* Copper-facilitated Suzuki reactions: application to 2-heterocyclic boronates // Org. Lett. – 2009. – V. 11. – P. 345-347.
14. *Crowley B.M., Potteiger C.M., Deng J.Z., Prier C.K., Paone D.V., Burgey C.S.* Expanding the scope of the Cu assisted Suzuki-Miyaura reaction // Tetrahedron Letters. – 2011. – V. 52. – P. 5055–5059.
15. *Nasrollahzadeh M., Sajadi S. M., Rostami-Vartooni A., Bagherzadeh M.* Green synthesis of Pd/CuO nanoparticles by Theobroma cacao L. Seeds extract and their catalytic performance for the reduction of 4-nitrophenol and phosphine-free Heck coupling reaction under aerobic conditions // Journal of Colloid and Interface Science. – 2015. – V. 448. – P. 106–113.
16. *Zhang D., Wei Z., Yu L.* Easily fabricated and recyclable Pd&Cu@Al catalyst for gram-scale phosphine-free Heck reactions with high TON // Science Bulletin. – 2017. - V. 62. – P. 1325 – 1330.
17. *Немыгина Н.А., Семенова Е.В., Никошвили Л.Ж., Сульман М.Г., Сульман Э.М., Kiwi-Minsker L.* Реакция кросс-сочетания Сузуки в присутствии моно- и биметаллических Pd- и Au-содержащих катализаторов на основе сверхсшитого полистирола // Научно-технических вестник Поволжья. – 2017. - № 4. – С. 37 – 40.

02.00.15

[1]Н.А. Немыгина, [2]Л.Ж. Никошвили канд. хим. наук, [2]О.В. Манаенков канд. хим. наук, [1]М.Г. Сульман д-р хим. наук, [2]Э.М. Сульман д-р хим. наук

Тверской государственный технический университет,
Химико-технологический факультет,
[1]кафедра Стандартизации, сертификации и управления качеством,
[2]кафедра Биотехнологии и химии,
Тверь, n.nemygina@gmail.com

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТООТДЕЛЯЕМЫХ Pd-СОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ СВЕРХСШИТОГО ПОЛИСТИРОЛА В РЕАКЦИИ КРОСС-СОЧЕТАНИЯ СУЗУКИ

В данной работе приводятся результаты тестирования Pd- содержащего магнитоотделяемого катализатора на основе сверхсшитого полистирола (СПС) марки MN270 в реакции кросс-сочетания 4-броманизола и фенилбороновой кислоты в присутствии NaOH в качестве основания. Было обнаружено, что активность катализатора Pd-Fe_3O_4/СПС выше по сравнению с образцом Pd/СПС.

Ключевые слова: *реакция кросс-сочетания Сузуки, сверхсшитый полистирол, магнитоотделяемый катализатор, палладий.*

Введение

Реакция кросс-сочетания Сузуки между арилгалогенидами и арилбороновыми кислотами – один из наиболее распространенных и эффективных методов синтеза биарилов, которые являются важными полупродуктами в производстве фармацевтических препаратов, лигандов и полимеров [1-3]. В настоящее время в качестве альтернативы традиционным гомогенным комплексам палладия, которые используются в реакции Сузуки, рассматриваются безлигандные каталитические системы [2], которые могут быть иммобилизованы на различные твердые носители, такие как оксиды металлов, полимеры (в том числе и биополимеры), углеродные носители, а также магнитные наночастицы [4].

Z. Yinghuai с соавторами [5] показали, что наночастицы палладия, нанесенные на магнитные наночастицы, были эффективными катализаторами реакции кросс-сочетания Сузуки. Так, в реакции кросс-сочетания бромбензола и фенилбороновой кислоты в воде в присутствии карбоната калия был получен выход бифенила 83%. При этом катализатор легко отделялся магнитом и мог использоваться повторно до 3 раз без снижения активности [5].

D. Rosario-Amorin с соавт. [6] синтезировали металлоденрон, функционалированный дициклогексилдифосфиновым палладиевым комплексом, который был закреплен на суперпарамагнитных наночастицах оксида железа (III). Данный катализатор оказался очень активен в реакции Сузуки между различными арилйодидами или арилбромидами и фенилбороновой кислотой (конверсия арилгалогенидов варьировалась от 79 до 100%). Также было показано, что катализатор легко отделить и использовать повторно по меньшей мере 25 раз без значительной потери активности, при этом 0.36% Pd (14 ppm) было обнаружено в продукте реакции [6].

K.K. Senapati с коллегами [7] синтезировали наночастицы палладия, нанесенные на магнитные наночастицы феррита кобальта. Полученный катализатор был исследован в реакции Сузуки между йодбензолом и фенилбороновой кислотой. В результате максимальный выход бифенила 81% был получен за 12 часов в кипящем этаноле в присутствии Na_2CO_3. При этом катализатор оказался стабильным при четырехкратном повторном использовании [7].

Суперпарамагнитный катализатор был успешно синтезирован путем иммобилизации наночастиц палладия в пористую сеть мезопористого носителя $NiFe_2O_4$ (Pd/NF300) и использован в реакции Сузуки. Катализатор Pd/NF300 был активен в реакции Сузуки между бромбензолом и фенилбороновой кислотой даже при очень низком количестве палладия (при использовании 0.08 моль% Pd относительно бромбензола за 12 часов был получен выход бифенила 97%). Кроме того, катализатор был отделен магнитом и использован повторно пять раз. Высокая активность данного композита могла быть связана с синергетическим эффектом, возникающим между хорошо диспергированным Pd (0) и мезопористой структурой магнитного носителя [8].

Данная статья посвящена синтезу магнитоотделяемого катализатора на основе сверсхсшитого полистирола (СПС) и исследованию его свойств в реакции кросс-сочетания Сузуки между 4-броманизолом и фенилбороновой кислотой. Кроме того, полученный магнитоотделяемый катализатор был сравнен с обычным катализатором Pd/СПС.

Экспериментальная часть

Методика синтеза катализаторов

Магнитоотделяемый Pd-содержащий катализатор на основе СПС синтезировали в соответствии со следующей процедурой. Изначально в полимерной матрице СПС марки MN270 были сформированы частицы Fe_3O_4. Для синтеза катализатора Pd-Fe_3O_4/СПС рассчитанное количество $Pd(CH_3COO)_2$ растворяли в ТГФ. Затем синтезированный Fe_3O_4/СПС помещали в Pd-содержащий раствор. Полученную суспензию сушили при 70 °C и непрерывном перемешивании. Полученный катализатор промывали дистиллированной водой до нейтрального pH и снова сушили при 70 °C. Для формирования кластеров и наночастиц палладия методом пиролитического разложения $Pd(CH_3COO)_2$ полученный катализатор Pd-Fe_3O_4/СПС был обработан в токе N_2 при 300 °C в течение 30 минут [9].

Катализатор Pd/СПС был синтезирован методом импрегнации СПС марки MN270 раствором $Pd(CH_3COO)_2$ согласно процедуре, описанной ранее [10], а затем восстановлен в токе водорода при 300 °C в течение трех часов. Расчетное содержание палладия в обоих катализаторах составило 2%.

Методика проведения реакции Сузуки

Реакция проводилась в изотермическом стеклянном реакторе периодического действия при атмосферном давлении, при следующих условиях: количество 4-броманизола 1 ммоль, количество фенилбороновой кислоты 1.5 ммоль, в качестве основания использовали NaOH в количестве 1.5 ммоль, растворитель – смесь этанола и воды в соотношении 5:1. Реакцию проводили в инертной атмосфере (азот) при температуре 60^{o}C. Пробы анализировались методом GS-MS (Shimadzu GCMS-QP2010S). Для построения калибровочных кривых были использованы химически чистые вещества, в качестве растворителя использовался изопропанол, внутреннего стандарта – дифениламин.

Результаты и обсуждение

В результате было обнаружено (рисунок 1), что синтезированный магнитоотделяемый катализатор Pd-Fe_3O_4/СПС оказался более активен в реакции Сузуки по сравнению с образцом Pd/СПС (за 30 минут реакции была получена конверсия 4-броманизола 84% при использовании Pd-Fe_3O_4/СПС, тогда как образец Pd/СПС позволил получить конверсию 71%). Кроме того, было обнаружено, что катализатор Pd-Fe_3O_4/СПС легко отделяется от реакционной смеси с помощью воздействия внешнего магнитного поля и может использоваться повторно. Однако, при повторном использовании активность катализатора снизилась в 1.5 раза (конверсия 4-броманизола уменьшилась с 84% до 54%) (рисунок 1), что вероятно связано с вымыванием палладия.

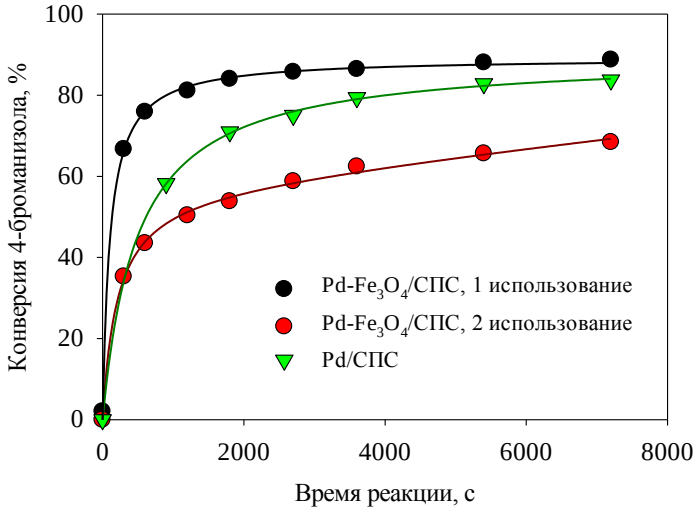


Рис. 1– Зависимость конверсии 4-броманизола от времени при использовании катализаторов Pd-Fe_3O_4/СПС и Pd/СПС

Таким образом, использование Fe_3O_4/СПС в качестве носителя позволило получить конверсию 4-броманизола 84%, что является перспективным результатом по сравнению с аналогичным катализатором Pd/СПС.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-08-00429).

Список литературы

1. *Jung J.-Y., Taher A., Hossain S., Jin M.-J.* Highly active heterogeneous palladium catalyst for the Suzuki reaction of heteroaryl chlorides // Bulletin of the Korean Chemical Society.- 2010.- V. 31.- Iss. 10.- P. 3010 - 3012.

2. *Pan C., Liu M., Zhang L., Wu H., Ding J., Cheng J.* Palladium catalyzed ligand-free Suzuki cross-coupling reaction // Catalysis Communications.- 2008. - V. 9. - P. 321 – 323.

3. Method for producing (2,4-dimethylbiphenyl-3-yl)acetic acids, the esters there of and intermediate compounds: Pat. US20120116118. USA; Pub. Date: May 10, 2012.

4. *Kumbhar A., Kamble S., Jadhav S., Rashinkar G., Salunkhe R.* Silica tethered Pd–DABCO complex: an efficient and reusable catalyst for Suzuki-Miyaura reaction // Catal Lett.- 2012.- V. 142.- P. 1388 – 1396.

5. *Yinghuai Z., Peng S.C., Emi A., Zhenshun S., Monalisa, Kemp R. A.* Supported ultra small palladium on magnetic nanoparticles used as catalysts for Suzuki cross-coupling and Heck reactions // Adv. Synth. Catal. - 2007. - V. 349.- P. 1917 – 1922.

6. *Rosario-Amorin D., Wang X., Gaboyard M., Clerac R., Nlate S., Heuze K.* Dendron-functionalized core-shell superparamagnetic nanoparticles: magnetically recoverable and reusable catalysts for Suzuki C-C cross-coupling reactions // Chem.Eur. J. - 2009.- V. 15.- P. 12636 – 12643.

7. *Senapati K. K., Roy S., Borgohain C., Phukan P.* Palladium nanoparticle supported on cobalt ferrite: an efficient magnetically separable catalyst for ligand free Suzuki coupling // Journal of Molecular Catalysis A: Chemical.- 2012.- V. 352.- P. 128 – 134.

8. *Gao Z., Feng Y., Cui F., Hua Z., Zhou J., Zhu Y., Shi J.* Pd-loaded superparamagnetic mesoporous $NiFe_2O_4$ as a highly active and magnetically separable catalyst for Suzuki and Heck reactions // Journal of Molecular Catalysis A: Chemical.- 2011.- V. 336.- P. 51 – 57.

9. *Bykov A.V., Nikoshvili L.Zh., Lyubimova N.A., Komar K.P.* Effect of the conditions of thermal reduction on the formation, stability, and catalytic properties of polymer-stabilized palladium nanoparticles in the selective hydrogenation of acetylene alcohols // Catalysis in Industry.- 2014. - V. 6. P. 182-189.

10. *Sulman E.M., Nikoshvili L.Zh., Matveeva V.G., Tyamina I.Yu., Sidorov A.I., Bykov A.V., Demidenko G.N., Stein B.D., Bronstein L.M.* Palladium containing catalysts based on hypercrosslinked polystyrene for selective hydrogenation of acetylene alcohols // Top. Catal. – 2012. – V. 55. – P. 492-497.

02.00.15

А.И. Сидоров канд. хим. наук, М.Е. Григорьев канд. хим. наук,
А.В. Быков канд. хим. наук, И.Ю. Тямина, Б.Б. Тихонов канд. хим. наук,
В.Ю. Долуда канд. хим. наук, Э.М. Сульман д-р хим. наук

Тверской государственный технический университет,
Тверь, sidorov_science@mail.ru

КИНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦИНКОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ЖИДКОФАЗНОГО СИНТЕЗА МЕТАНОЛА

В статье приводятся данные по синтезу и кинетическим исследованиям катализаторов жидкофазного синтеза метанола. Методом пропитки были получены катализаторы с различным содержанием ZnO и Cu, нанесённые на гранулы сверхсшитого полистирола (HPS) марки MN-100. Показано, что наибольшей активностью обладает катализатор ZnO(3%)/MN-100.

Ключевые слова: *метанол, жидкофазный процесс, кинетика, оксид цинка, медь, сверхсшитый полистирол*

В настоящее время в промышленности реализован двухфазный процесс газофазного получения метанола, опирающийся на катализаторы на основе ZnO и Cu. Процесс осуществляется при температуре выше 450^{o}C и имеет ряд недостатков, в том числе высокий градиент концентрации реагентов и температуры по высоте и сечению реакционного объема, что усложняет конструкцию реактора [1]. При проведении процесса в жидкой фазе процесс проводят в трехфазной системе, состоящей из газов исходных реагентов и продукта, твердого гетерогенного катализатора, суспендированного в жидкой среде инертного высококипящего углеводорода, гликоля, без/с добавлением спиртов [2, 3] и др. Жидкофазный синтез позволяет проводить процесс при относительно низкой температуре и в условиях, близких к изотермическим. Реакция синтеза метанола экзотермическая и понижение температуры способствует повышению равновесной концентрации метанола [4].

Методы и методики

Реактивы

Сверхсшитый полистирол (HPS) был приобретен у Purolite Int. (UK) типа Macronet MN100. Химически чистые Na_2CO_3, $Zn(CH_3COO)_2$, $Zn(NO_3)_2$, $Cu(CH3COO)_2$, $Cu(NO_3)_2$ тетрагидрофуран (ТГФ) и изопрпиловый спирт (ИПС) были приобретены у компании Реахим (Москва, Россия), метанол и н-додекан - у компании Aldrich и использованы без дополнительной очистки.

Синтез ZnO-содержащего катализатора на основе MN-100

Катализатор получали пропиткой MN-100 Zn $(CH_3COO)_2$ в растворе, содержащем ТГФ, метанол и дистиллированную воду. 0,845 г $Zn(CH_3COO)_2$ растворяли в атмосфере азота в 7 мл смеси растворителей, состоящей из 5 мл ТГФ, 1 мл воды и 1 мл метанола, к которому добавляли 3 г MN 100. Суспензию перемешивали в течение 10 мин. Затем образец обрабатывали раствором Na_2CO_3, перемешивали и сушили при 70°C. Катализатор промывали водой до pH 6,4-7,0 и сушили при 70°C. Были получены катализаторы с содержанием ZnO 7,5; 5 и 3 % - MN100-Zn-10; MN100-Zn-7,5; MN100-Zn-5 и MN100-Zn-3 соответственно.

Синтез ZnO/Cu-содержащих катализаторов на основе MN-100

Катализатор с равными количествами ZnO и CuO (по 10%) был приготовлен двумя способами: (1) одновременное импрегнирование MN-100 с $Zn(CH_3COO)_2$ и $Cu(CH_3COO)_2$ или (2) последовательная пропитка $Zn(CH_3COO)_2$, а затем $Cu(CH_3COO)_2$. В типичной методике (1) 0,845 г $Zn(CH_3COO)_2$ и 0,843 г $Cu(CH_3COO)_2$ растворяли в атмосфере азота в 7

мл смеси растворителей, состоящей из 5 мл ТГФ, 1 мл воды и 1 мл метанола, к которому добавили 3 г MN-100. Суспензию перемешивали, обрабатывали раствором Na_2CO_3 и сушили при 70 ° С. Катализатор промывали водой до pH 6,4-7,0 и сушили при 70°С (образец MN100-Zn-Cu(10/10)-1). Последовательная пропитка (метод (2)) аналогично, однако сначала проводилась пропитка раствором $Zn(CH_3COO)_2$, а раствором $Cu(CH_3COO)_2$ пропитывали после предварительной сушки Zn-содержащего MN-100 при 70° С в течение 1 часа (образец MN100-Zn-Cu(10/10)-2). Все катализаторы хранили в вакуум-эксикаторе и восстанавливали в токе водорода перед каталитическим тестированием.

Восстановление катализаторов ZnO/Cu

В типичной процедуре образец катализатора (0,5 г) помещали в кварцевую трубку и выдерживали в потоке азота (30 мл/мин) в течение 30 мин. Азот заменяли водородом и при той же скорости потока трубку нагревали до 300°С, а после стабилизации температуры восстановление проводили в течение 2 часов. После этого катализатор перемещали в реактор в токе азота. Кинетические исследования проводили в проточном реакторе в соответствии с методикой [5]. Удельная поверхность катализаторов определялась по величине низкотемпературной адсорбции азота при постоянной температуре на приборе BECKMAN COULTER™ SA 3100™.

Результаты и обсуждение

Было продемонстрировано, что для всех синтезированных каталитических систем увеличение доли полярного растворителя-промотора (ИПС) приводит к увеличению скорости образования метанола. В случае биметаллических катализаторов Zn-Cu было показано, что способ синтеза катализатора (последовательная пропитка металлсодержащих солей или соосаждение) не играет существенной роли в скорости накопления метанола (рис. 1). Более того, добавление Cu к ZnO, по-видимому, не оказывает положительного влияния на скорость образования метанола.

Исходя из полученных результатов, дальнейшие эксперименты проводили с катализатором MN-100-Zn. В качестве среды использовали изопропиловый спирт. При исследовании влияния температуры на скорость образования метанола было установлено, что наиболее стабильной температурой для проведения процесса является 170°С. При дальнейшем повышении температуры увеличивается испарение изопропилового спирта, что в конечном итого приводит к дезактивации катализатора.

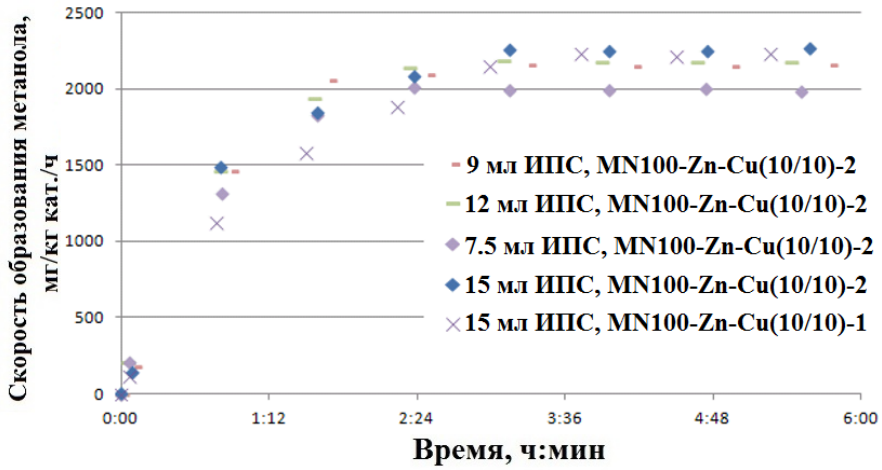


Рис. 1– Влияние способа синтеза катализатора (MN100-Zn-Cu(10/10) – 0,5 г; ИПС/додекан – 15 мл; P (H_2) = 3,0 МПа; поток газа - 45 мл/мин; H_2/CO - 80/20)

Исследование влияния концентрации активной фазы катализатора на скорость образование метанола показывает, что наилучшие результаты были достигнуты при концентрации цинка 3% (рис. 2). С данным катализатором были проведены опыты при варьировании давления (рис. 3).

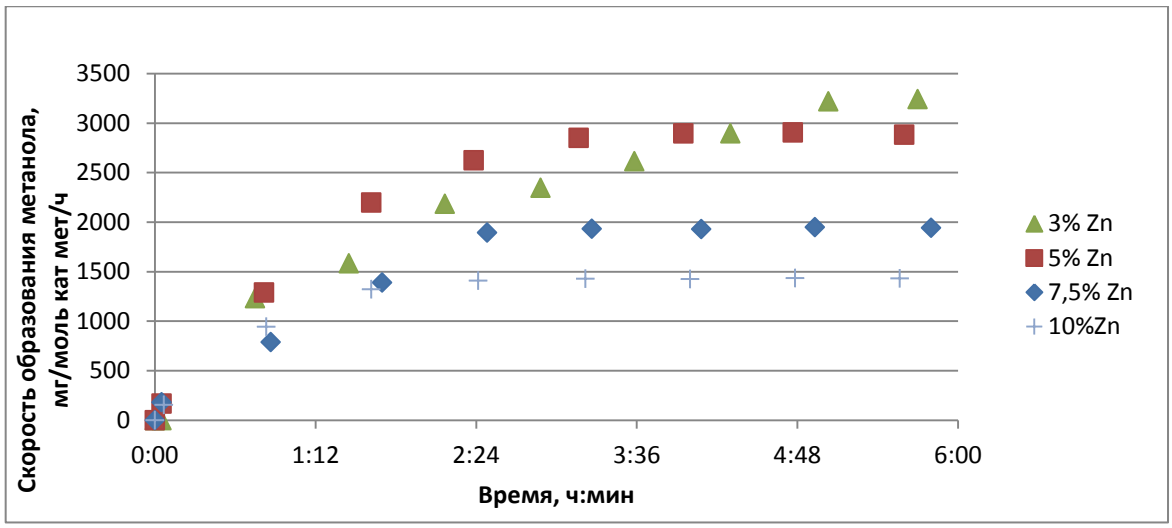


Рис. 2– Влияние содержания ZnO (MN100-Zn-X – 0,5 г; ИПС – 15 мл; P (H_2) = 3.0 МПа; T = 170°C; поток газа - 45 мл/мин, H_2/CO - 80/20)

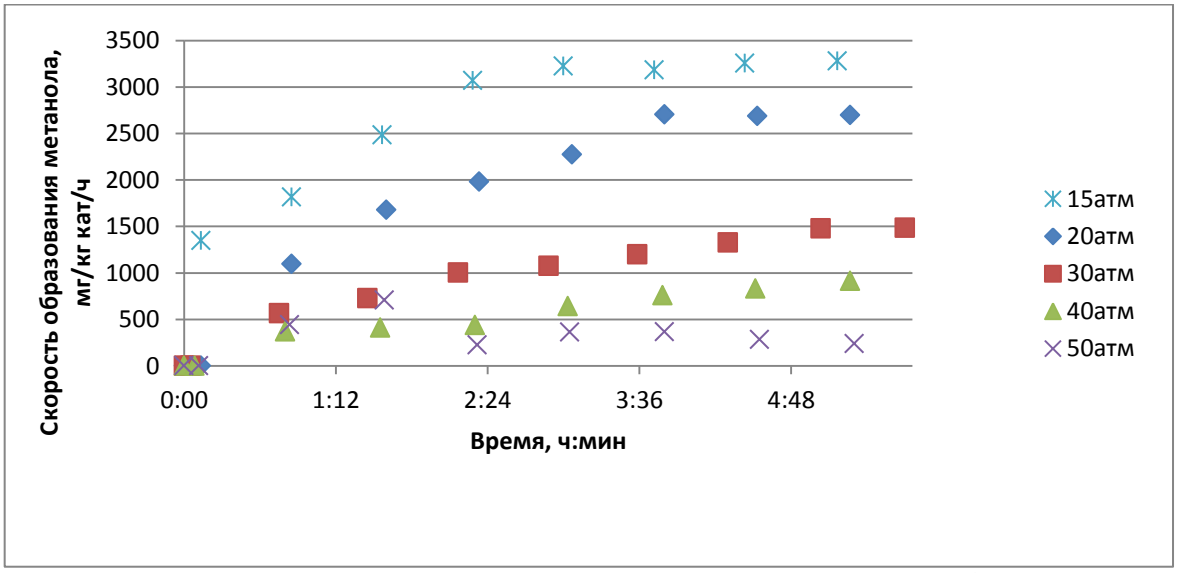


Рис. 3 – Влияние давления (MN100-Zn-3 – 0,5 г; ИПС – 15 мл; T = 170°C; поток газа - 45 мл/мин, H_2/CO - 80/20)

В результате адсорбционных исследований, было показано, что все катализаторы имеют микромезопористую структуру. Удельная поверхность по БЭТ составляет от 446 м^2/г (MN100-Zn-10) до 834 м^2/г (MN100-Zn-3) в зависимости от содержания ZnO (таблица 1), что согласуется с первичными кинетическими данными (см. рис. 2).

Таблица 1 – Удельная площадь поверхности катализаторов

Катализатор	Удельная поверхность, м^2/г		
	БЭТ	t-график	
		внешняя	микропоры
MN-100	723	189	603
MN100-Zn-2	746	137	633
MN100-Zn-3	834/783[a)]	205/189[a)]	629/594[a)]
MN100-Zn-5	770/506[a)]	135/116[a)]	635/390[a]
MN100-Zn-7.5	665	133	582
MN100-Zn-10	446	104	373

[a)] после опыта (ИПС – 15 мл; P (H_2) = 3.0 МПа; T = 170°C; поток газа - 45 мл/мин, H_2/CO - 80/20)

Степень уменьшения поверхности в результате кинетического эксперимента сравнивалась для образцов MN100-Zn-3 и MN100-Zn-5 (таблица), показавших близкие кинетические результаты. Из результатов исследований видно, что уменьшение параметров адсорбции связано с уменьшением как внешней, так и внутренней поверхности (мезопоры), однако для образца MN100-Zn-3 это выражено в меньшей степени.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 17-08-00659).

Список литературы

1. *Розовский А.Я., Лин Г.Е.* Теоретические основы процесса синтеза метанола. М.: Химия, 1984. - 240 с.

2. *Kim I., Lee G., Jeong H., Jong H., Park J.H., Jung J.C.* Bifunctionality of Cu/ZnO catalysts for alcohol-assisted low-temperature methanol synthesis from syngas // Journal of Energy Chemistry.- 2017.-V.26, Is. 3.-P. 373-379.

3. *Yang R., Yu X., Zhang Y., Li W., Tsubaki N. (2008).* A new method of low-temperature methanol synthesis on $Cu/ZnO/Al_2O_3$ catalysts from $CO/CO_2/H_2$ // Fuel. – 2008.- 87. – P.443-450.

4. *Cybulski A.* Liquid-Phase Methanol Synthesis: Catalysts, Mechanism, Kinetics, Chemical Equilibria, Vapor-Liquid Equilibria, and Modeling—A Review // Catalysis Reviews. - 1994.- V.36, Is. 4.- P. 557-615.

5. *А.В. Быков, М.А.Рубин, М.Г. Сульман, Э.М.* Сульман Жидкофазный синтез метанола с использованием промышленного медно-цинкового катализатора // Катализ в промышленности. – 2014. – С. 60 – 67.

02.00.00

Е.А. Смирнова канд. хим. наук

Ярославский государственный технический университет,
химико-технологический факультет,
кафедра общей и физической химии,
Ярославль, smirnovaea@ystu.ru

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА РАСТВОРОВ НА СКОРОСТЬ ТРАВЛЕНИЯ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

В работе представлены результаты изучения влияния добавок к травильным растворам хлорида железа на вязкость растворов, скорость травления и качество обработки поверхности нержавеющих сталей при различных температурах.

Ключевые слова: *химическое травление, нержавеющие стали, травильные растворы, вязкость, добавки, хлорид железа.*

Данное исследование относится к области перспективных и экономичных методов обработки поверхности металлов химическим фрезерованием. Основной технологической операцией этого метода является процесс травления, который состоит в растворении металлов в специально подобранных растворах. Состав травильных растворов и условия проведения процесса травления оказывают существенное влияние, как на производительность оборудования, так и на качество выпускаемых изделий. Травление металлов обычно сопровождается побочными эффектами, приводящими к травлению боковой поверхности, увеличению хрупкости и ломкости металлов. Для устранения подобных явлений в травильные растворы добавляют ингибиторы, регулирующие процесс травления и защищающие боковую поверхность от действия травителя.

Ранее [1-3] было изучено влияние состава травильных растворов различного состава на скорость травления стальных изделий. Однако известные в настоящее время растворы только частично ингибируют растворение металла на боковых гранях и не позволяют полностью исключить боковое подтравливание и образование шлама в процессе химического фрезерования. Недостаток литературных данных по избирательному травлению металлов привело к необходимости подробного исследования этого процесса.

Целью данной работы являлось исследование влияния добавок к раствору хлорида железа на скорость травления и качество обработки поверхности нержавеющих сталей.

Как известно, с увеличением скорости движения раствора при струйном методе обработки металлов возрастает скорость травления и уменьшается боковое подтравливание. Важную роль при этом играет вязкость раствора, омывающего металл. Уменьшение вязкости раствора позволяет увеличить относительную скорость травления в направлении движения потока по сравнению со скоростью подтравливания на боковых гранях. Вероятно, введение в раствор органических добавок, имеющих линейное строение и содержащих электродефицитные группы атомов, приведет к уменьшению вязкости растворов. Кроме того, уменьшится адсорбция ионов железа на боковой поверхности изделия по сравнению с их взаимодействием в направлении движения потока.

Нами ранее [4] было изучено влияние добавок полиэтиленгликоля с различной концентрацией и молярной массой на вязкость травильных растворов хлорида железа при различных температурах.

В данной работе изучено влияние щавелевой кислоты и ее концентрации на динамическую вязкость растворов хлорида железа в интервале температур 25-65 ^{0}С. Раствор предназначается для травления углеродистых и легированных сталей (Ст.10 и 30ХГСА).

Основными критериями выбора состава исходных растворов были: избирательное качественное травление стали, высокая скорость травления, длительное использование, стабильность и большая емкость травильного раствора, невысокая температура процесса,

хорошие экономические условия производства и возможность захоронения отходов. Такие жесткие условия резко ограничили выбор состава травильного раствора. В качестве исходных использовались растворы состава (массовые доли):

хлорид железа (III) – 35 %,
гидроксид калия – 10 %,
полиэтиленгликоль с молярной массой 600 – 0,1 %,
кислота щавелевая – 2-20 %,
вода – остальное.

Для приготовления травильных растворов навеску гидроксида калия растворяли в воде и нагревали до температуры 60 ^{0}C. Затем добавляли безводный хлорид железа и щавелевую кислоту при постоянном перемешивании. Полученные растворы охлаждали до температуры 20 ^{0}C и доводил их плотности до 1,37–1,38 г/мл. Плотность растворов контролировалась ареометром. К полученным таким образом растворам добавляли необходимое количество полиэтиленгликоля.

Динамическую вязкость растворов (η) определяли с использованием предварительно калиброванного по воде при различных температурах вискозиметра типа ВПЖ-1. Диаметр капилляра 0,86 мм. Температура поддерживалась с точностью ±0,5 ^{0}C с помощью термостата марки ЕВС производства DDR. Каждый опыт повторяли не менее трех раз. Динамическую вязкость (η) рассчитывали по среднему времени истечения жидкости.

Как показывают экспериментальные данные (табл. 1, рис. 1), введение щавелевой кислоты снижает скорость травления стали. С возрастанием концентрации щавелевой кислоты до 5 % наблюдается резкое уменьшение динамической вязкости раствора. При дальнейшем увеличении концентрации кислоты вязкость раствора изменяется незначительно.

Таблица 1 - Зависимость вязкости (сП) травильных растворов хлорида железа (III) от концентрации щавелевой кислоты и температуры

Массовая доля щавелевой кислоты (ω), %	Температура, ^{0}C				
	25	35	45	55	65
0	13,12	10,45	8,35	6,75	5,98
2	7,48	5,68	4,24	3,16	2.58
5	5,37	3,72	2,78	2,14	1,72
10	4,90	3,40	2,54	1,98	1,61
15	4,18	3,19	2,33	1,87	1,52
20	4,13	2,90	2,22	1,77	1,46

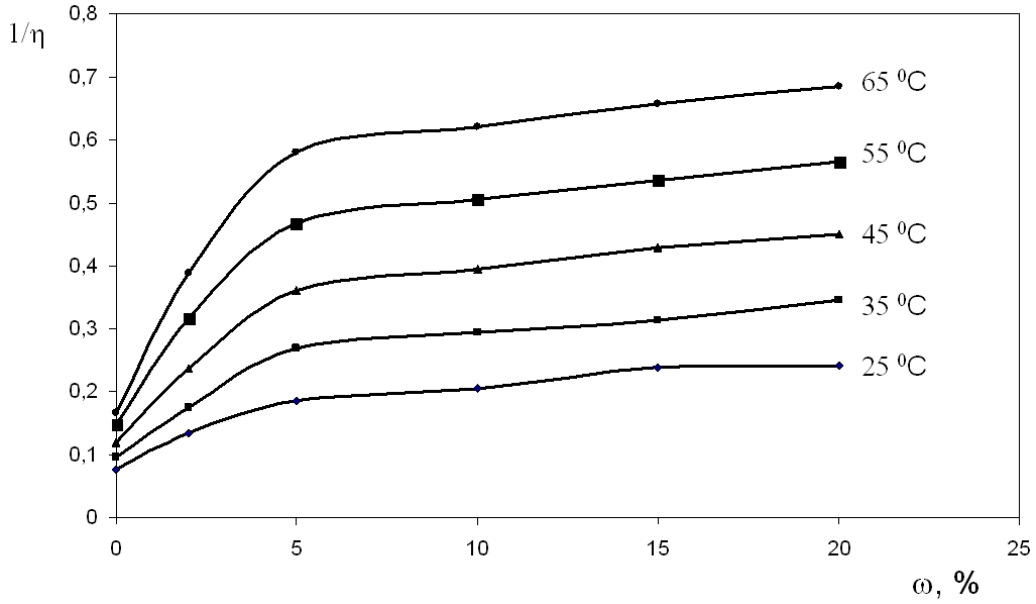


Рис. 1- Зависимость 1/η от концентрации щавелевой кислоты в травильных растворах при различных температурах

С увеличением температуры вязкость растворов уменьшается, что приводит к увеличению скорости струйного травления. Вместе с тем уменьшается боковое подтравливание и повышается чистота обрабатываемой поверхности.

Наиболее качественное глубинное травление наблюдается при добавлении к травильному раствору щавелевой кислоты с массовой долей близкой к 10 %.

Список литературы

1. Раствор для травления стали: а.с. 827595 СССР: МКИ С 23 F 1/00. / *Василенко Н.Ю., Шульга Д.Ф., Васильева И.В., Руденко Н.П.;* заявл. 09.11.1978; опубл.07.05.1981.
2. Раствор для травления стали: а.с. 1035093 СССР: МКИ С 23 F 1/04. / *Шапкин Г.А., Харчевников В.М., Войтович В.А., Фаворская И.М.;* заявл. 01.03.1982; опубл.15.08.1983.
3. Состав для травления стали: а.с. 1221255 СССР: МКИ 4С 23 F 1/28. / *Степанов В.Ю., Назаров А.А., Краснянский Б.Г., Шушканова И.М.;;* заявл. 30.05.1983; опубл.30.03.1986.
4. *Степанов Е.Г., Чебунин А.Н., Смирнова Е.А.* Изучение влияния органических добавок на вязкость травильного раствора хлорида железа // Электронная техника. - 1990. - сер.7.- № 2.- С. 68-71.

02.00.15

Б.Б. Тихонов канд. хим. наук, П.Ю. Стадольникова,
А.И. Сидоров канд. хим. наук, Э.М. Сульман д-р хим. наук

Тверской государственный технический университет,
Тверь, tiboris@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НА БИОКАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗЫ ХРЕНА

В статье проведено экспериментальное сравнение пероксидазной активности экстрактов, извлеченных из корня Armoracia rusticana с помощью фосфатного буферного раствора, хлорида кальция и ультразвукового воздействия. Выявлено, что ультразвук не оказывает серьезного влияния на эффективность извлечения пероксидазы, при этом оптимальным экстрагентом является раствор хлорида кальция.

Ключевые слова: *оксидоредуктазы, пероксидаза хрена, извлечение, очистка, активность*.

Извлечение ферментов из растительных материалов представляет собой важную практическую задачу. Если для исследуемого фермента осуществить правильный подбор растворителя (в отношении солевого состава, pH, ионной силы) и установить оптимальное время и температуру экстракции, то возможно получение ферментативного экстракта с высокой активностью и минимальным содержанием примесей [1]. На ферментную активность непосредственное влияние оказывает состав раствора экстрагента. Наиболее широко во многих стандартных методиках используется фосфатный буферный раствор вследствие его избирательности по отношению к пероксидазе [2]. Однако в ряде работ [3, 4] было отмечено положительное влияние раствора $CaCl_2$ на пероксидазную активность и стабильность экстракта. Кроме того, для нарушения целостности клеточных стенок клеток и более полного извлечения внутриклеточных ферментов применяют дополнительные методы: механические (перемалывание шариками, растирание в фарфоровой ступке с кварцевым песком/толченым стеклом), физические (гидравлический сдвиг, замораживание и оттаивание, ультразвук) и т.д. [2].

В связи с этим, целью работы было изучение влияния типа экстрагента и ультразвукового воздействия на биокаталитическую активность пероксидазы, извлеченной из корня хрена.

Методы и методики

Реактивы

Для извлечения перокисдазы из сердцевины корня хрена применялся фосфатный буферный раствор с pH = 7,0 (ЗАО «Уралхиминвест»), хлорид кальция (Sigma Aldrich). В качестве субстратов для исследования биокаталитической эффективности использовались 4-хлорфенол (Sigma Aldrich), 4-аминоантипирин (Sigma Aldrich) и пероксид водорода (ООО «Росбио», 3%-ный водный раствор).

Методика проведения исследований

Извлечение пероксидазы из корня хрена (*Armoracia rusticana*) проводилось 3 способами:

- с помощью буферного раствора: свежая сердцевина корня хрена измельчалась, после чего 2 г дезинтегрированного растительного материала растиралась в ступке с 15 мл фосфатного буферного раствора с pH 7,0, после чего смесь выдерживалась в течение 1 часа при непрерывном перемешивании. Затем полученную смесь центрифугировали при 5000 об/мин в течение 20 минут и фильтровали через микропористый фильтр;

- с помощью хлорида кальция: аналогично первому способу, однако вместо фосфатного буферного раствора использовали 5 мМ раствор $CaCl_2$;

- с помощью ультразвукового гомогенизатора Bandelin Sonopuls HD 3200: 2,67 г измельченного корня хрена термостатируемый стакан с 20 мл 5 мМ раствора $CaCl_2$. После

установки параметров работы гомогенизатора (амплитуды колебаний, время обработки) проводилась обработка раствора ультразвуком. Затем смесь центрифугировали при 5000 об/мин в течение 20 минут и фильтровали через микропористый фильтр.

Активность экстракта исследовалась в термостатируемом стеклянном реакторе в реакции окисления 4-хлорфенола пероксидом водорода в присутствии 4-аминоантипирина:

$$H_2O_2 + \text{4-хлорфенол} + \text{4-аминоантипирин} \xrightarrow{\text{пероксидаза}} \text{хинонимин} + 4H_2O \quad (1)$$

В результате реакции формируется окрашенный продукт (хинонимин), что регистрировалось спектрофотометрически при длине волны 506 нм на спектрофотометре СФ-2000 (ОКБ «Спектр»).

Результаты и обсуждение

Были проведены эксперименты по сравнению эффективности использования различных растворителей для экстракции пероксидазы из измельченного корня хрена (рисунок 1).

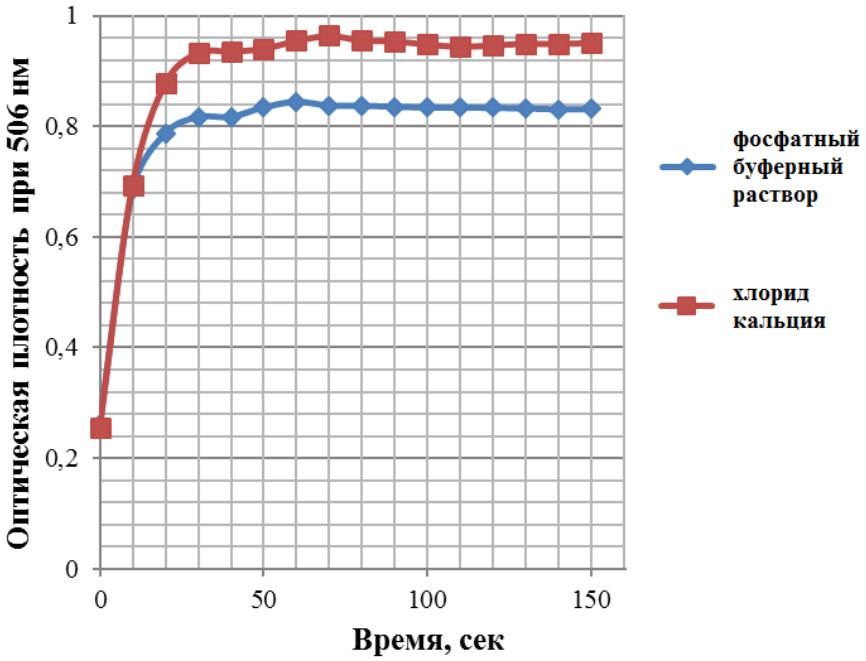


Рис. 1– Пероксидазная активность экстрактов, полученных с разными экстрагентами

Как видно из графиков, большей пероксидазной активностью обладает экстракт, полученный с раствором хлорида кальция. Также было исследовано влияние времени экстракции раствором хлорида кальция на степень извлечения фермента из сырья. Результаты показали, что время экстракции менее 1 часа не позволяет извлечь достаточное количество фермента, а дальнейшее увеличение времени экстракции не приводит к увеличению активности фермента.

Далее были проведены эксперименты по исследованию влияния ультразвукового воздействия на активность извлеченного хлоридом кальция экстракта (рисунок 2).

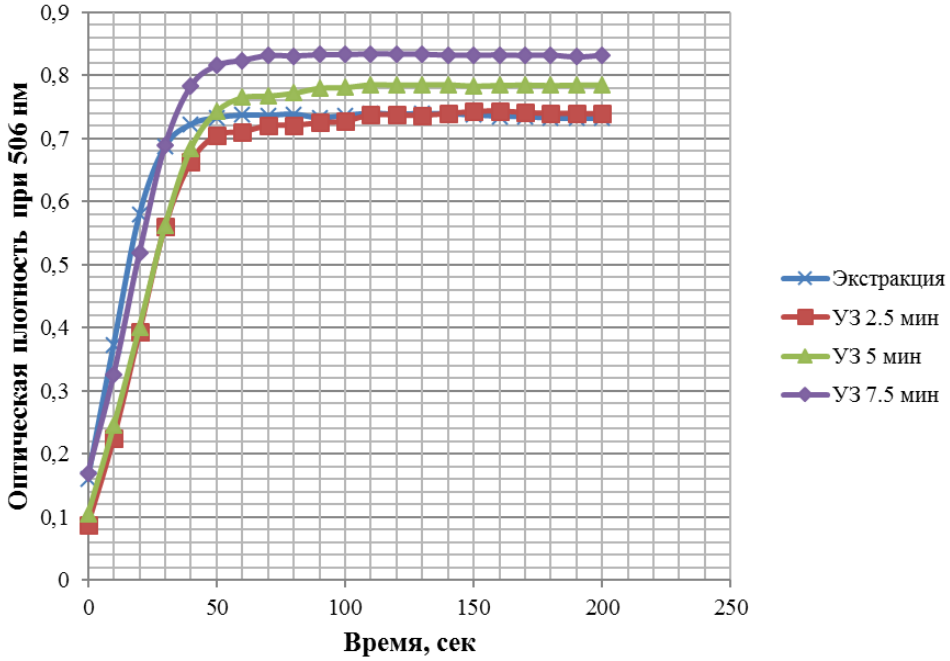


Рис. 2– Влияние ультразвукового воздействия на пероксидазную активность экстракта

Из рисунка видно, что ультразвуковое воздействие практически не повлияло на активность экстракта (разница в скоростях в 5-7% сравнима с ошибкой эксперимента), при этом, как показали эксперименты, увеличение мощности и времени обработки снижает активность экстракта из-за необратимых изменений в активном центре фермента.

Выводы

Проведено сравнение пероксидазной активности экстрактов, извлеченных из корня *Armoracia rusticana* с помощью фосфатного буферного раствора, хлорида кальция и ультразвукового воздействия. Было выявлено, что ультразвук не оказывает серьезного влияния на эффективность извлечения пероксидазы, при этом оптимальным экстрагентом является раствор хлорида кальция.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 18-08-00424) и Российского научного фонда (проект 17-19-01408)

Список литературы

1. *Машанов А.И., Величко Н.А., Ташлыкова Е.Е.* Биоконверсия растительного сырья. Красноярск: КГАУ, 2014. – 223 с.
2. *Вяткина О.В.* Проблемы выделения и очистки растительных пероксидаз // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». - 2012. - Т. 25 (64), №3. - С. 271-276.
3. *Глазова Н.В., Серкова А.Н.* Влияние ионов кальция при разработке сорбционно-хроматографического метода выделения пероксидазы из экстракта // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2013. - Т. 13, вып. 3. - С. 377-384.
4. *Александрова Е.Ю.* Фитохимическое изучение хрена обыкновенного: автореф. дис.…канд. хим. наук: 15.00.02. – М., 2004. - 28 с.

02.00.01

[1]Н.П. Шабельская д-р техн. наук, [1]Д.А. Виростков, [1]А.В. Лешкевич, [1]А.В. Скориков д-р техн. наук, [2]А.А. Нестеров д-р техн. наук

[1]Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, технологический факультет,
кафедра общей химии и технологии силикатов,
Новочеркасск, nina_shabelskaya@mail.ru
[2]Южный федеральный университет,
химический факультет,
кафедра неорганической химии,
Ростов-на-Дону

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ $NiO – CoO – Fe_2O_3$

В работе основе изучения процессов фазообразования в сложной оксидной системе $NiO – CoO – Fe_2O_3$ показано, что при переходе от феррита кобальта к ферриту никеля наблюдается повышение степени кристалличности формирующихся шпинелей. Это может быть связано с увеличением значений энергии кристаллической решетки и формировании более прочного соединения. Полученные результаты могут быть использованы для выбора технологических условий формирования ферритов переходных элементов.

Ключевые слова: *феррит никеля (II), феррит кобальта (II), шпинель, оксиды кобальта, никеля, железа (III).*

Введение

Сложные оксидные системы со структурой шпинели на основе ферритов переходных элементов обладают комплексом ценных свойств. В первую очередь, они находят применение в качестве магнитных материалов. Известно использование ферритов никеля (II) и кобальта (II) в качестве электродов литий-ионных аккумуляторов [1], фотокатализаторов [2], адсорбентов тяжелых металлов [3-5], органических красителей [6, 7]. Несмотря на то, что поиск новых методов синтеза материалов со структурой шпинели все более расширяется, классический керамический метод все еще широко используется для синтеза шпинелей различного состава [8, 9]. До конца не изученным остается вопрос о факторах, влияющих на формирование структуры шпинели в оксидных системах. В этой связи, целью настоящего исследования являлось изучение особенностей формирования структуры шпинели в многокомпонентной оксидной системе $NiO-CoO-Fe_3O_3$ и процессов, происходящих при синтезе, с позиции структурных особенностей исходных оксидов.

Экспериментальная часть

Для изучения влияния условий формирования твердых растворов были приготовлены образцы $Ni_xCo_{1-x}Fe_2O_4$ (x=0.0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 1.0) по классической керамической технологии из оксидов переходных металлов квалификации хч. Оксиды были тщательно смешаны, отформованы в таблетки под давлением 15 МПа и подвергнуты термообработке при температуре 1000 °С в течение 5 часов.

Фазовый состав изучали на рентгеновском дифрактометре STOE IPDS II, использовали Cu-Kα излучение.

Расчет энергии кристаллического поля *U* проводили по уравнению А.Ф. Капустинского. При этом использовали допущение об ионном характере связей в оксидах:

$$U = 1203{,}4 \cdot \frac{z_1 \cdot z_2 \cdot \sum n}{r_1 + r_2}\left[1 - \frac{0{,}345 - 0{,}00435 \cdot (r_1 + r_2)^2}{r_1 + r_2}\right],$$

где z_1, z_2 и r_1, r_2 – соответственно заряды катиона и аниона и их радиусы (в Å); $\sum n$ – число ионов в формульной единице вещества.

Результаты и их обсуждение

Согласно полученным данным, образцы имели структуру кубической шпинели, были хорошо окристаллизованы. Рентгенограммы синтезированных образцов приведены на рис.1.

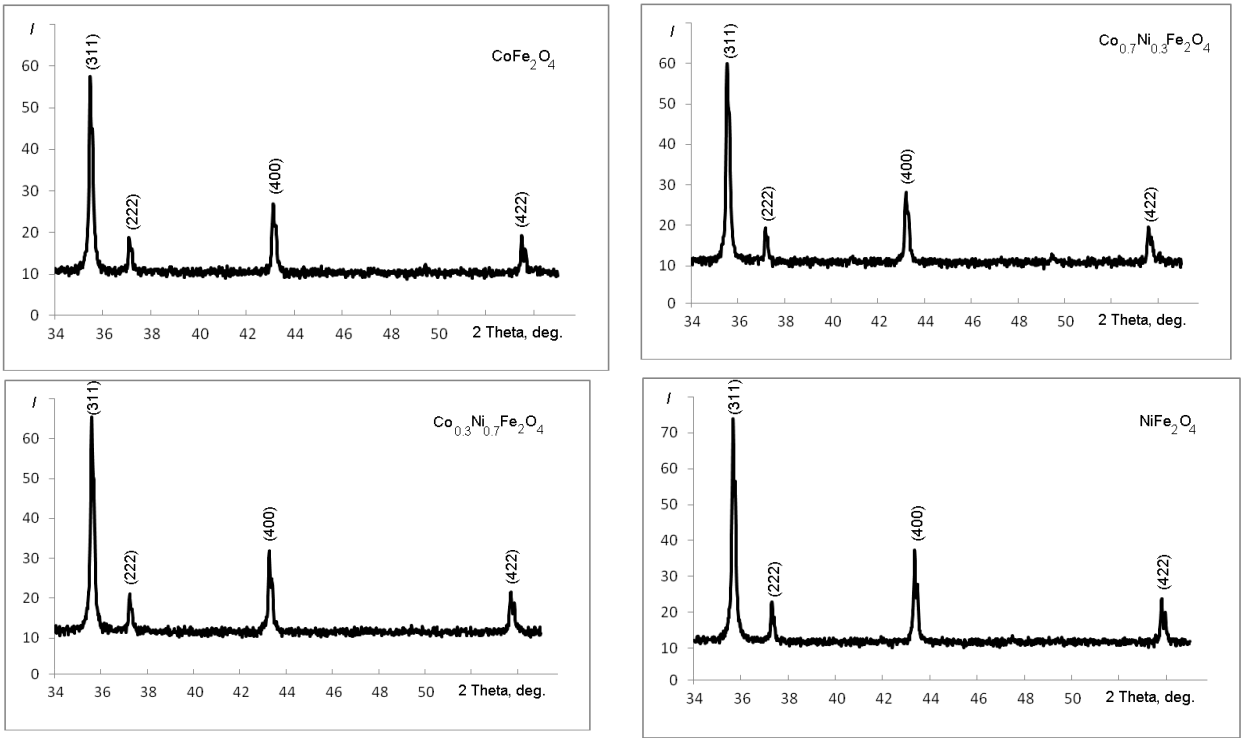


Рис. 1– Фрагменты рентгенограмм образцов шпинелей системы $Co_{1-x}Ni_xFe_2O_4$. Индексированы линии, принадлежащие шпинели

В табл. 1 приведены результаты анализа рентгенограмм образцов: значения максимальной интенсивности линии (311), рассчитанные значения параметра кристаллической решетки, параметра обращенности λ. Согласно полученным данным, параметр обращенности уменьшается, степень кристалличности образцов увеличивается при переходе от $CoFe_2O_4$ к $NiFe_2O_4$ (об этом свидетельствуют значения интенсивностей линий на рентгенограммах (рис. 1, табл. 1)). Последнее обстоятельство может быть связано с формированием более прочного соединения: согласно проведенному расчету значений энергии кристаллической решетки, при переходе от феррита кобальта к ферриту никеля значения *U* увеличиваются. Как известно [10], энергия кристаллической решетки представляет собой ту работу, которую нужно совершить, чтобы разорвать связи, действующие между структурными единицами кристалла. Эта величина характеризует прочность связей в кристалле и его устойчивость.

У оксида NiO проявляется кооперативный эффект Яна-Теллера, что приводит к искажению структуры до ромбоэдрической [11]. При повышении температуры наблюдается снятие эффекта Яна-Теллера и фазовый переход в кубическую фазу. Температуры фазовых переходов исходных оксидов приведены в табл. 2.

Таблица 1 – Состав и рассчитанные параметры синтезированных шпинелей

Состав	I_{max}, отн. ед.	а, нм	λ	Формула	*U*, кДж/моль
$CoFe_2O_4$	57.3	8.3913	0.97	$Co_{0.03}Fe_{0.97}[Fe_{1.03}Co_{0.97}]O_4$	18315
$Co_{0.9}Ni_{0.1}Fe_2O_4$	57.5	8.3877	0.94	$Co_{0.06}Fe_{0.94}[Co_{0.84}Ni_{0.1}Fe_{1.06}]O_4$	18325
$Co_{0.7}Ni_{0.3}Fe_2O_4$	59.9	8.3764	0.94	$Co_{0.06}Fe_{0.94}[Co_{0.64}Ni_{0.3}Fe_{1.06}]O_4$	18346
$Co_{0.5}Ni_{0.5}Fe_2O_4$	64.7	8.3672	0.91	$Co_{0.09}Fe_{0.91}[Co_{0.41}Ni_{0.5}Fe_{1.09}]O_4$	18366
$Co_{0.3}Ni_{0.7}Fe_2O_4$	65.4	8.3617	0.83	$Co_{0.17}Fe_{0.83}[Co_{0.13}Ni_{0.7}Fe_{1.17}]O_4$	18386
$Co_{0.1}Ni_{0.9}Fe_2O_4$	65.7	8.3543	0.75	$Co_{0.1}Ni_{0.15}Fe_{0.75}[Ni_{0.75}Fe_{1.25}]O_4$	18407
$NiFe_2O_4$	73.8	8.3457	0.78	$Ni_{0.22}Fe_{0.78}[Ni_{0.78}Fe_{1.22}]O_4$	18417

Примечание. Для шпинелей $r_к$ рассчитывали по формуле: $r_к = \sqrt{\frac{r_1^2+r_2^2+r_3^2}{3}}$, где r_1, r_2, r_3 – радиусы катионов, входящих в формульную единицу вещества, Å.

Таблица 2 – Характеристики оксидов

Оксид	Температура ФП, °С	*U*, кДж/экв
Fe_2O_3	680	2486
CoO	985	1908
NiO	252	1937

* Приведены значения радиусов ионов по Белову и Бокию

В оксиде CoO около 985 °С наблюдается структурный переход между двумя кубическими модификациями. В этой связи следует ожидать более интенсивного протекания реакции синтеза для $NiFe_2O_4$ в районе 250 °С, а $CoFe_2O_4$ при 980 °С (в заданных условиях синтеза такая температура термообработки не достигается). По-видимому, именно с наличием фазового перехода в оксиде NiO связано более полное протекание реакции шпинелеобразования для феррита никеля (II).

Выводы

На основе изучения процессов фазообразования в сложной оксидной системе NiO – CoO – Fe_2O_3 показано, что при переходе от феррита кобальта к ферриту никеля наблюдается повышение степени кристалличности формирующихся шпинелей. Это объяснено увеличением значений энергии кристаллической решетки, что может свидетельствовать о формировании более прочного соединения. Полученные результаты могут быть использованы для выбора технологических условий формирования ферритов переходных элементов.

Список литературы

1. *Sener T., Kayhan E., Sevim M., Metin Ö.* Monodisperse $CoFe_2O_4$ nanoparticles supported on Vulcan XC-72: High performance electrode materials for lithium-air and lithium-ion batteries // J. of Power Sources. 2015. V. 288. P. 36-41.

2. *Liu X., Wu N., Cui C., Zhou P., Sun Y.* Enhanced rate capability and cycling stability of core/shell structured $CoFe_2O_4$/onion-like C nanocapsules for lithium-ion battery anodes // J. of Alloys and Compounds. 2015. V. 644. P. 59-65.

3. *Abdolmohammad-Zadeh H., Rahimpour E.* $CoFe_2O_4$ nano-particles functionalized with 8-hydroxyquinoline for dispersive solid-phase micro-extraction and direct fluorometric monitoring of aluminum in human serum and water samples // Analytica Chimica Acta. 2015. V. 881. P. 54-64.

4. *Foroughi F., Hassanzadeh-Tabrizi S.A., Amighian J., Saffar-Teluri A.* A designed magnetic $CoFe_2O_4$–hydroxyapatite core–shell nanocomposite for Zn(II) removal with high efficiency // Ceramics International. 2015. V. 41. P. 6844-6850.

5. *Bakr A.-S.A., Moustafa Y.M., Motawea E.A., Yehia M.M., Khalil M.M.H.* Removal of ferrous ions from their aqueous solutions onto $NiFe_2O_4$–alginate composite beads // J. of Environmental Chemical Engineering. 2015. V. 3. P. 1486-1496.

6. *Khan M.A., Alam M.M., Naushad M., Alothman Z.A., Kumar M., Ahamad T.* Sol–gel assisted synthesis of porous nano-crystalline $CoFe_2O_4$ composite and its application in the removal of brilliant blue-R from aqueous phase: An ecofriendly and economical approach // Chemical Engineering J. 2015. V. 279. P 416-424.

7. *Jiang T., Liang Y.-d., He Y.-j., Wang Q.* Activated carbon/$NiFe_2O_4$ magnetic composite: A magnetic adsorbent for the adsorption of methyl orange // J. of Environmental Chemical Engineering. 2015. V. 3. P. 1740-1751.

8. *Yang H., Zhang G., Lin Y.* Enhanced magnetoelectric properties of the laminated $BaTiO_3$/$CoFe_2O_4$ composites // J. of Alloys and Compounds. 2015. V. 644. P. 390-397.

9. *Гаспарян М.Д., Грунский В.Н., Беспалов А.В., Попова Н.А., Ваграмян Т.А., Григорян Н.С., Абрашов А.А., Архипушкин И.А.* Керамические высокопористые блочно-ячеистые катализаторы окисления изотопов водорода с нанесенным палладиевым активным слоем // Стекло и керамика. 2014. № 9. С. 24-27.

10. *Шабельская Н.П., Захарченко И.Н., Ульянов А.К.* О влиянии природы катиона на процесс синтеза шпинели // Изв. ВУЗ. Сер.: Химия и химич. технология. 2014.Т. 57. № 8. С. 23-26.

11. *Уэллс А.* Структурная неорганическая химия. В 3-х томах. Т.2./ Пер. с англ. М.: Мир, 1987. 696 с.

02.00.05

А.Б. Шеин д-р хим. наук, В.В. Пантелеева канд. хим. наук

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
химический факультет, кафедра физической химии,
Пермь, ashein@psu.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ТИАЗОЛА И ТИАДИАЗОЛА В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В СОЛЯНОЙ КИСЛОТЕ

В работе представлены результаты изучения ряда производных тиазола и тиадиазола в качестве ингибиторов коррозии малоуглеродистой стали в растворе 10% HCl. Методом импедансной спектроскопии определены степени заполнения поверхности металла в зависимости от концентрации ингибиторов, показано, что адсорбция подчиняется изотерме Ленгмюра. Предложены эквивалентные электрические схемы, описывающие поведение стального электрода в ингибированном растворе.

Ключевые слова: *тиазол, тиадиазол, ингибитор, защитное действие, импеданс.*

Одним из наиболее эффективных методов защиты металлов от коррозионного разрушения является применение ингибиторов. Этот способ, как правило, не требует сложного аппаратурного оформления, может быть использован на новом или уже бывшем в эксплуатации оборудовании. К настоящему времени известно большое количество ингибиторов коррозии для различных сред, однако, поиск и разработка новых эффективных ингибирующих композиций остается актуальным. Цель данной работы - исследование ряда органических тиаазогетероциклических соединений как потенциальных ингибиторов коррозии и изучение механизмов их ингибирующего действия.

Некоторые производные тиазола и тиадиазола ранее изучены в ряде работ [1-4].

Материалы и методика

В данной работе материалом для исследования служили образцы, изготовленные из малоуглеродистой стали Ст3. Электрохимические измерения проводили при температуре ~ 20^{o}C в условиях естественной аэрации в неперемешиваемом растворе 10% HCl, приготовленном на основе дистиллированной воды и HCl марки «х.ч.». В качестве ингибиторов коррозии исследовали 2-аминотиазол (соединение 1), 5-амино-1,3,4-тиадиазол-2-тиол (соединение 2) и 2-амино-5-фенил-1,3,4-тиадиазол (соединение 3) в диапазоне концентраций $c_{инг}$ (0,05 – 0,2) г/л. Электрохимические измерения проводили в ячейке ЯСЭ-2 с разделенными пористой стеклянной диафрагмой катодным и анодным отделениями с помощью потенциостата-гальваностата с встроенным частотным анализатором Solartron 1280C (Solartron Analytical). Перед измерением спектров импеданса рабочий электрод предварительно выдерживали при потенциале разомкнутой цепи до установления его стационарного значения (~1 ч). Диапазон используемых в импедансных измерениях частот f – от 20 кГц до 0,01 Гц, амплитуда переменного сигнала (5 – 10) мВ. В качестве критерия оценки эквивалентных электрических схем на их пригодность для моделирования экспериментальных спектров импеданса использовали параметр χ^2 (вычисляется в ZView2); эквивалентная схема считалась удовлетворительной при $\chi^2 < 10^{-3}$ (при использовании весовых коэффициентов, рассчитанных по экспериментальным значениям модуля импеданса). Потенциалы в работе приведены относительно стандартного водородного электрода.

Экспериментальные результаты

Спектры импеданса стали Ст3 в растворе 10% HCl при потенциале коррозии $E_{кор}$ представляют собой сочетание одной емкостной полуокружности в высокочастотной

области и одной индуктивной дуги в низкочастотной области (рис.1). На рис.1: Z' – действительная составляющая импеданса, Z'' – мнимая составляющая импеданса. Индуктивный импеданс на низких частотах обусловлен анодной парциальной реакцией (при небольшой катодной поляризации индуктивная дуга на спектрах не регистрируется) и связан с релаксацией заполнения поверхности электрода адсорбированными интермедиатами анодного процесса ($Fe_{ads}(I)$). В растворах, содержащих различные концентрации соединений 1-3 индуктивная петля исчезает, а емкостная дуга представляет собой полуокружность со смещенным центром. Поляризационное сопротивление R_p системы с ростом концентрации соединений возрастает. Устранение индуктивного импеданса в присутствии соединений обусловлено изменением кинетических параметров анодной реакции, увеличение R_p системы – снижением скорости протекания электродных процессов.

На спектрах импеданса Ст3-электрода во всех исследованных растворах отсутствует временная константа, характеризующая реакцию восстановления растворенного в электролите кислорода. Последнее свидетельствует о том, что коррозионный процесс протекает преимущественно с водородной деполяризацией (это также следует из состава раствора – 10% HCl).

Для моделирования коррозионно-электрохимического поведения Ст3-электрода в растворе 10% HCl использована эквивалентная электрическая схема на рис.2а. В этой схеме: R_s – сопротивление раствора; R_1 – сопротивление, равное $\frac{R_a \cdot R_c}{R_a + R_c}$ где R_a – сопротивление анодного процесса (растворение металла), R_c – сопротивление катодного процесса (выделение водорода); сопротивление R_2 и индуктивность L_1 отражают адсорбцию интермедиата анодного процесса; CPE_1 – элемент постоянной фазы, описывающий емкость двойного электрического слоя на неоднородной поверхности твердого электрода. Для описания импеданса реакции выделения водорода использовано сопротивление R_c без учета временной константы, отражающей релаксацию заполнения поверхности электрода адсорбированным атомарным водородом H_{ads}. Последнее справедливо в случаях, когда степень заполнения поверхности электрода частицами H_{ads} очень мала или, наоборот, очень велика.

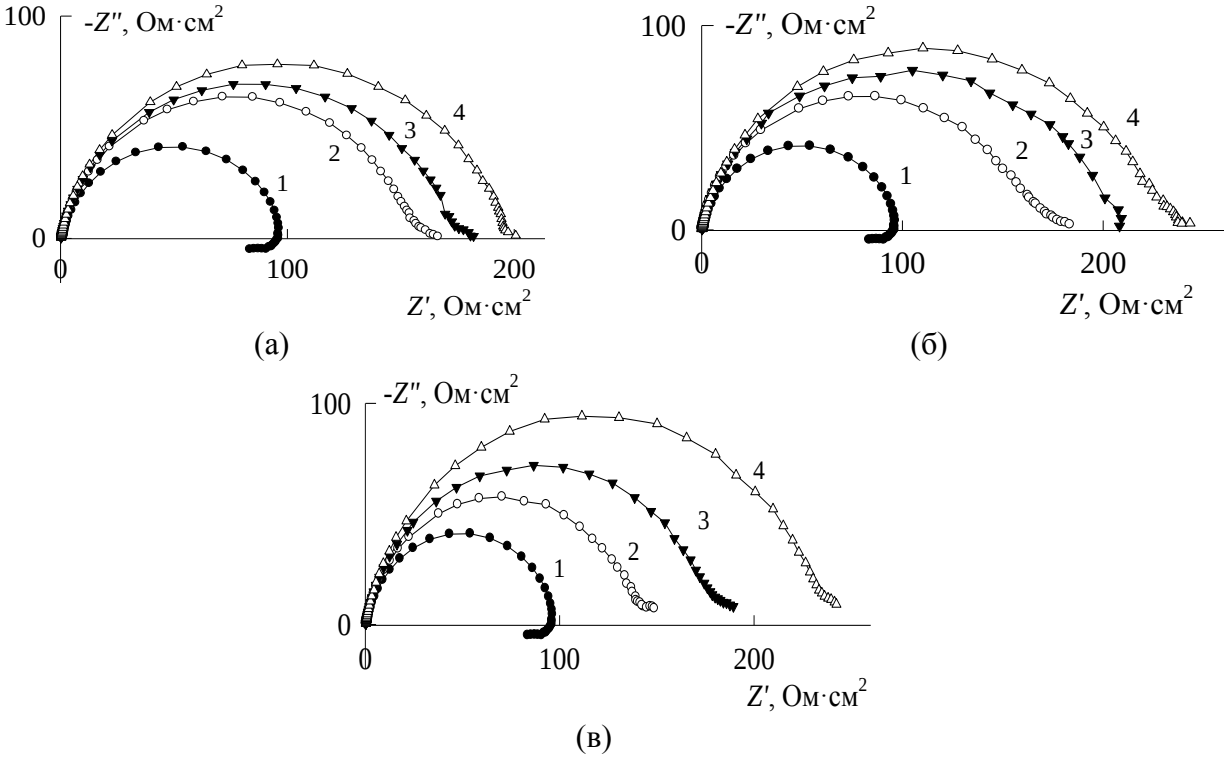
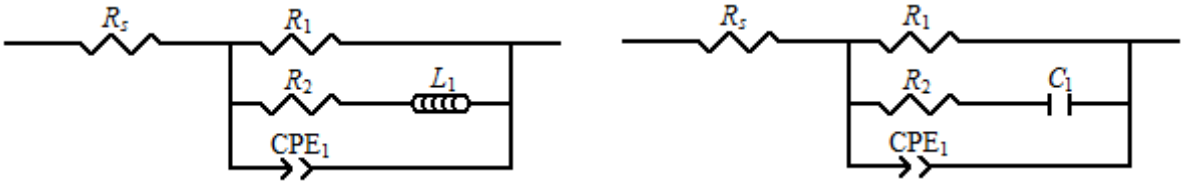


Рис. 1– Спектры импеданса Ст3-электрода в растворе 10% HCl при потенциале коррозии, концентрация соединений 1(а), 2(б), 3(в) , г/л: 1 – 0; 2 – 0,05; 3 – 0,1; 4 – 0,2

Поведение Ст3-электрода в растворе 10% HCl в присутствии соединений 1-3 удовлетворительно описывается эквивалентной схемой на рис.2б. В этой схеме: R_s, R_1 и CPE_1 имеют тот же физический смысл, что и в схеме на рис.2а, сопротивление R_2 и емкость C_1 отражают адсорбцию интермедиата анодного процесса (в схеме на рис.2а этой временной константе отвечает цепочка R_2-L_1).

Значения параметра χ^2, вычисленного в ZView2, для схем на рис.2 находятся в интервале $(2\text{-}6)\cdot10^{-5}$, что говорит о хорошей корреляции с экспериментальными данными. Численные значения параметров эквивалентных схем приведены в табл.1.



(а) (б)

Рис. 2– Эквивалентные электрические схемы для Ст3-электрода в растворе 10% HCl при потенциале коррозии (пояснения в тексте)

Из табл.1 следует, что при увеличении концентрации соединений наблюдается закономерный рост сопротивлений R_1 и R_2 и снижение параметра Q_1 элемента постоянной фазы CPE_1 (при сопоставимых p_1). Последнее свидетельствует о торможении электродных процессов (преимущественно анодного процесса) в присутствии исследованных соединений и об их адсорбции на поверхности электрода. Параметры R_2 и C_1 наряду с интерпретацией об адсорбции интермедиата анодного процесса можно также связать с кинетикой адсорбции соединений на поверхности электрода (импеданс Фрумкина–Мелик-Гайказяна без диффузионного импеданса). Однако величина R_2 возрастает, а C_1 уменьшается при повышении концентрации соединений (табл.1), что трудно объяснить, приняв связь R_2 и C_1 с адсорбцией соединений. Следовательно, параметры R_2 и C_1 связаны с кинетикой анодной реакции (растворение металла).

Таблица 1 – Значения параметров эквивалентных схем на рис.2 для Ст3-электрода в растворе 10% HCl, содержащем различные концентрации соединений 1-3, при потенциале коррозии

Инги-битор	$c_{инг}$, г/л	R_1, Ом·см^2	R_2, Ом·см^2	L_1/C_1	$Q_1\cdot10^{-5}$, Ф·см$^{-2}$·с$^{(p-1)}$	p_1
-	0	96	620	2110	15,3	0,901
1	0,05	158	2660	14,1	9,72	0,884
	0,1	174	2790	15,8	9,06	0,891
	0,2	194	2820	7,57	8,16	0,897
2	0,05	166	1610	18,1	6,82	0,904
	0,1	210	1480	16,6	7,67	0,884
	0,2	225	2370	8,11	7,44	0,882
3	0,05	143	3630	16,7	9,58	0,888
	0,1	176	1270	3,26	9,37	0,886
	0,2	232	1656	4,61	8,83	0,887

Из анализа поляризационных кривых, полученных в растворе 10% HCl, следует, что данные соединения являются ингибиторами смешанного типа действия, то есть замедляют как анодный парциальный процесс (растворение металла), так и катодный процесс (выделение водорода).

Защитный эффект Z соединений, рассчитанный на основе поляризационного сопротивления системы, повышается с ростом концентрации соединений и достигает максимальных значений при $c_{инг}$ = 0,2 г/л (табл.2). Для схемы на рис.2а поляризационное сопротивление определяется как $R_p = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$, для схемы на рис.2б величина R_p равна сопротивлению R_1 (табл.2). Расчет защитного действия проведен по формуле: $Z = \frac{R_p^{'} - R_p}{R_p^{'}}$, где R_p' и R_p – поляризационное сопротивление системы в растворе, содержащем и не содержащем соединения 1-3, соответственно. Наибольшим защитным эффектом обладают соединения 2 и 3. Величина Z у последних составляет ~ (63-64) % (при $c_{инг}$ = 0,2 г/л).

На основе значений двойнослойной емкости определена степень заполнения θ поверхности Ст3-электрода соединениями 1-3 (табл.2):

$$\theta = \frac{C_0 - C}{C_0 - C_1},$$

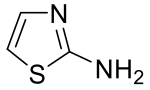
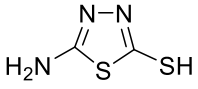
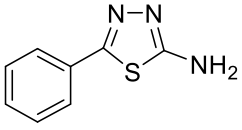
где C_0, C и C_1 – соответственно емкость двойного электрического слоя в растворе 10% HCl, в растворе с данной концентрацией исследуемого соединения и при θ = 1. Значение C_1 определено экстраполяцией кривой в координатах C = f($1/c_{инг}$) до ($1/c_{инг}$) = 0. Двойнослойная емкость рассчитана из значения мнимой составляющей импеданса $Z^{''}$ при f = 10 кГц:

$$C = -1/\omega Z^{''},$$

где ω – круговая частота переменного тока ($\omega = 2\pi f$).

Из табл.2 следует, что с увеличением концентрации соединений в растворе степень заполнения поверхности Ст3-электрода повышается: зависимость линейна, коэффициент пропорциональности близок к единице (~ 0,8). Последнее указывает на то, что для исследуемых соединений выполняется изотерма адсорбции Ленгмюра.

Таблица 2 – Основные показатели коррозии Ст3 и действия соединений 1-3 в водном растворе 10% HCl

Ингибитор	$C_{инг}$, г/л	$-E_{кор}$, В	Z, %	Θ
Нет	–	0,252	–	–
 thiazol-2-amine Соединение 1	0,05	0,251	47,5	0,33
	0,1	0,249	52,3	0,62
	0,2	0,246	57,2	0,83
 5-amino-1,3,4-thiadiazole-2-thiol Соединение 2	0,05	0,249	50,0	0,41
	0,1	0,246	60,5	0,69
	0,2	0,244	63,1	0,86
 5-phenyl-1,3,4-thiadiazol-2-amine Соединение 3	0,05	0,248	42,0	0,36
	0,1	0,246	52,8	0,61
	0,2	0,240	64,2	0,87

Таким образом, в работе показано, что исследованные производные тиазола и тиадиазола проявляют умеренное защитное действие в растворе 10% HCl.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 17-43-590419).

Список литературы

1. *Tang Y., Yang X., Yang W., Chen Y., Wan R.* Experimental and molecular dynamics studies on corrosion inhibition of mild steel by 2-amino-5-phenyl-1,3,4-thiadiazole //Corrosion Science. 2010. V.52. P.242-249.
2. *Singh A.K., Quraishi M.A.* The effect of some bis-thiadiazole derivatives on the corrosion of mild steel in hydrochloric acid // Corrosion Science. 2010. V.52. P.1373-1385.
3. *Lebrini M., Bentiss F., Vezin H., Lagrenee M.* The inhibition of mild steel corrosion in acidic solutions by 2,5-bis(4-pyridyl)-1,3,4- thiadiazole: Structure – activity correlation // Corrosion Science. 2006. V.48. P.1279-1291.
4. *Bentiss F., Lebrini V., Lagrenee M., Traisnel M., Elfarouk A., Vezin H*. The influence of some new 2,5dusubstituted 1,3,4 – thiadiazoles on the corrosion behaviour of mild steel in 1 MYCl solution: AC impedance study and theoretical approach // Electrochimica Acta. 2007. V.52. P.6865-6872.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (05.02.00)

05.02.00

[1]В.П. Друзьянова д-р техн. наук, [1,2]А.В. Спиридонова, [2]М.Я. Рожина

[1]Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
[2]Якутская ГСХА

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Бесконтрольное использование сельскохозяйственных отходов становится весьма опасным для окружающей среды и здоровья людей. В связи с этим значительно обостряется проблема выращивания и производства экологически чистой растениеводческой и животноводческой продукции. Обеспечение экологической безопасности в сельскохозяйственном производстве во многом зависит не только от внедрения природосообразных систем ведения земледелия, но и от внедрения малоотходных ресурсосберегающих технологических процессов.

Ключевые слова: *биогазовая технология, синтез, концентрация субстрата, газ, перемешивание, анаэробный процесс.*

Биогаз возможно получить водородным или метановым брожением биомассы. Метановое разложение биомассы происходит под воздействием трёх видов бактерий. В цепочке питания последующие бактерии питаются продуктами жизнедеятельности предыдущих. Первый вид — бактерии гидролизные, второй — кислотообразующие, третий — метанообразующие. В производстве биогаза участвуют не только бактерии класса метаногенов, а все три вида. Одной из разновидностей биогаза является биоводород, где конечным продуктом жизнедеятельности бактерий является не метан, а водород. Сырьем для получения биогаза могут служить отходы сельского хозяйства, в частности это навоз, птичий помет, отходы с пищевых и перерабатывающих предприятии. От вида используемого сырья зависит напрямую и выход самого биогаза. Республика Саха (Якутия) располагает огромными земельными ресурсами, но площади, пригодные для сельскохозяйственного освоения, весьма ограничены. В хозяйствах Якутии есть фермерские хозяйства с средним поголовьем, где в год образуются тонны зловонного и гниющего биологического материала. Чтобы навоз превратился в качественное удобрение, нужны площади с определенным температурным режимом, а это лишние расходы. Поэтому многие фермеры складируют его, где придется, а затем вывозят на поля. При несоблюдении условий хранения из навоза улетучиваются до 40% азота и основная часть фосфора, что значительно ухудшает его качественные показатели. Кроме того, в атмосферу выделяется газ метан, оказывающий негативное влияние на экологическую обстановку планеты.

На рис.1 приведена стандартная технология переработки навоза.

В настоящее время актуальным стала переработка навоза путем микробного синтеза [1,2]. Использование данного метода дает возможность переработки навоза в биогаз и позволяет уменьшить количество вредных выбросов метана в атмосферу и получить дополнительный источник тепловой энергии. В зависимости от объема сырья, образующегося в сутки, следует подбирать габариты установки и степень ее автоматизации [3,4,5].

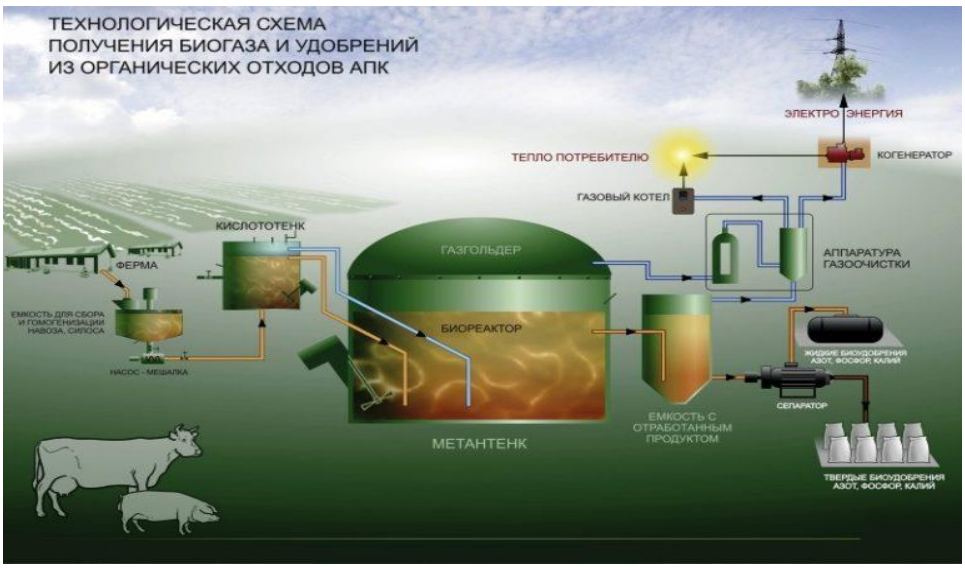


Рис. 1- Технологическая схема получения биогаза и удобрении их органических отходов АПК

Современные биотехнологии позволяют не только нейтрализовать вредное воздействие метана на экологию, но и заставить его служить на благо человека, извлекая при этом немалую экономическую выгоду. В результате переработки навоза образуется биогаз, из которого затем можно получить тысячи кВт энергии, а отходы производства представляют собой очень ценное анаэробное удобрение. Технология получения биогаза возможно получить в реакторе, в которой отсутствует кислород в противном случае процесс разложения навоза будет проходить крайне медленно, не менее важным критерием служит соблюдение температурного режима. Бактерии, принимающие участие в процессе, активизируются при температуре от +30 градусов. На рис.2 предлагается линия анаэробной переработки навоза, на рис.3 представлены этапы переработки по предлагаемой линии аэробной переработки навоза [1,2].

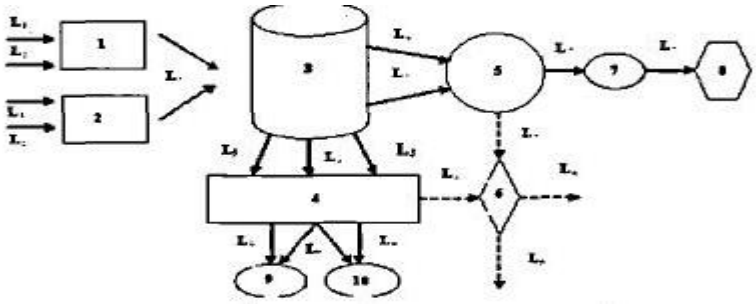


Рис. 2- Операторная схема предлагаемой технологической линии процесса анаэробного сбраживания навоза КРС

1-установка для адаптации мезофильных микроорганизмов; 2- навозоприемник-гомогенизатор; 3-метантенк; 4-резервуар для сбора шлама; 5-газгольдер; 6-агрохимлаборатория;7-биофильтр по очистке биогаза; 8-ДВС;9-емкость для сбора и хранения удобрения;10-оборудование по приготовлению витаминной добавки

Рис.3- Этапы предлагаемого технологического процесса

1 этап-подготовка закваски путём адаптации мезофильных метаногенных микроорганизмов;

2 этап- приготовление свежего навоза путем перемешивания навоза с теплой водой, процесс гомогенизации.

3 этап-загрузка закваски в метантенк;

4 этап-анаэробный процесс;

5 этап-получение самого биогаза;

На рис.4 представлен метантенк для получения биогаза анаэробным способом.

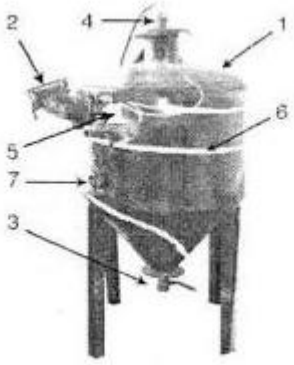


Рис. 4- Метантенк

1-цилиндрическая стальная емкость; 2-патрубок для выгрузки свежего навоза; 3-патрубок для выгрузки переработанного навоза; 4-патрубок для отвода биогаза; 5-терморегулятор с датчиком; 6-электронагревательная лента; 7-мешалка механическая;

Представленная технология утилизации бесподстилочного навоза крупно-рогатого скота, не только обеспечивает соблюдение экологической безопасности, но и способствует созданию энергосберегающего замкнутого производства с получением минерализованного органического удобрения, позволяющего повышать урожайность сельскохозяйственных культур, дополнительного источника топлива в виде биогаза в условиях крайнего Севера. Данная технология отрабатывается поэтапно в оборудовании новой конструктивной особенности, данная особенность позволяет получить наибольший выход биогаза в минимальный срок.

Список литературы

1. *Друзьянова, В.П.* Выбор изоляционного материала для биогазовой установки по переработке навоза КРС/В.П. Друзьянова, О.А. Оконешников// Научное обеспечение реализации национального проекта в сельском хозяйстве: материалы науч.-практ.конф.преподават, сотрудников и аспирантов.-Улан-Удэ,2010.-С.58-60.

2. *Друзьянова, В.П.* К переработке и утилизации органических отходов сельского хозяйства/ В.П. Друзьянова, Д.С. Осипов, Я.С. Семенов// Химия по знаком Сигма : исследования, инновации, технологии: материалы Всерос.научн.молодеж. шк.-конф.-Омск,2010.-С.230-231.

3. *Кокиева, Г. Е.* Комплексный подход и анализ эксплуатации оборудования пищевой промышленности, диагностика и повышение долговечности / Г. Е. Кокиева // Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона. Матер. III Рег. науч.-практ. конф. – Улан-Удэ, 2013. – С. 48-50.

4. *Кокиева, Г. Е.* Разработка методики экспериментального изучения масштабирования основных параметров ферментатора / Г. Е. Кокиева // Приволжский научный вестник. – 2014. – № 5. – С. 28-33.

5. *Кокиева, Г. Е.* Устройство для выращивания кормовых дрожжей / Г. Е. Кокиева // Сб. научн. тр. Матер. Всерос. науч.-практ. конф. «Перспективы развития пищевой промышленности России». – Оренбург: Изд-во ОГУ, 2005. – С. 21-22.

05.02.00

[1]М.Я. Рожина, [1,2]А.В. Спиридонова, [2]В.П. Друзьянова д-р техн. наук

[1]Якутская ГСХА,
[2]Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Эффективное выращивание белково-витаминного концентрата, переработку полевых отходов и экологическую чистоту производства во многом определяет основной аппарат-ферментатор. В то же время технико-экономические показатели и экологическая безопасность действующих ферментаторов не отвечают современным требованиям. Поэтому создание нового эффективного оборудования является актуальной проблемой.

Ключевые слова: *оборудование, микробный синтез, микробная клетка, производство, перенос кислорода.*

Получение кормового белка путём микробного синтеза происходит в ферментаторе-оборудовании микробного синтеза. Кислород при переходе в микробную клетку проходит следующие этапы:

- пограничная переходная газовая пленка в промежуточной фазе газ жидкость;
- пограничная переходная плёнка в промежуточной фазе жидкость- газ;
- путь в жидкости между пузырьками и клеткой;
- пограничная плёнка клетка- жидкость.

Кислород преодолевает внутриклеточное сопротивление и противодействие реакции системы.

Работы по определению газосодержания и его связи с режимными параметрами и свойствами культуральной среды делают вывод о том, что наиболее общим на данный момент является уравнение:

$$\Phi = \frac{W_r}{C(W_r+W_ж)+KU_П} \quad (1)$$

В аппаратах для культивирования микроорганизмов возникают пузырьковый, пенный, стержневой [1]

- Пузырьковый (с подводом кислорода) возникает при скоростях газа менее 0,05- 0,1 м.с$^{-1}$. Здесь наблюдается примерно одинаковый размер пузырей, что способствует в свою очередь равномерное распределение частиц по всему объему аппарата для культивирования микроорганизмов;

- Пенный (гетерогенный, турбулентный), возникает при увеличенных значениях газа. В процессе культивирования микроорганизмов возникает увеличенное и масштабное пенообразование на поверхности культивиреумой жидкости, поверхность контакта фаз при этом режиме достигает максимума.

Образование пены в свою очередь снижают показатели производства кормового белка. Обычно пенообразование на поверхности культивируемой жидкости устраняют при помощи химических реагентов, что вносит отрицательный характер в питательные ценности кормового белка. На данный момент уже существуют механические методы по устранению данного недостатка путем реконструкции ферментаторов, а именно аппарата новой конструкции, в данном оборудовании имеется трехъярусное перемешивающее устройство, верхнее перемешивающее устройство предназначено для устранения и гашения пенообразования по всей поверхности культуральной жидкости.

В настоящее время сложилась такая ситуация, когда разрабатываются всё новые и новые конструкции ферментаторов каждый разработчик считает, что его конструкция наиболее эффективна. В то же время при внедрении аппаратов наблюдается значительное расхождение проектных и фактических технико- экономических показателей. На рис.1 представлена схема ферментатора [1].

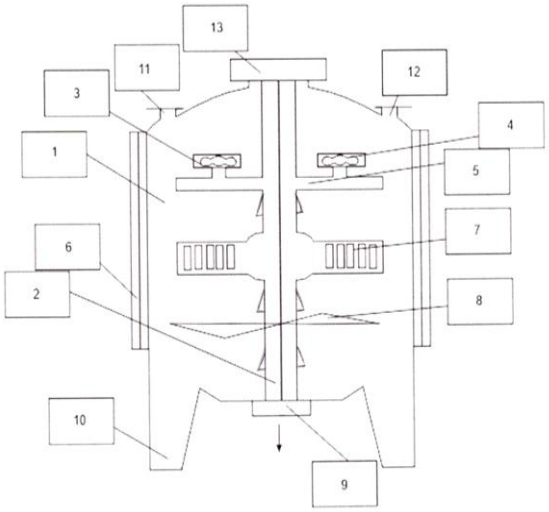


Рис. 1. Принципиальная схема реактора
1-корпус; 2-вал; 3- лопатки; 4-прорези в лопатках; 5-мешалка верхняя; 6-рубашка теплообменная; 7-центральная мешалка; 8-нижняя мешалка; 9- выгрузной патрубок; 10 – основание; 11,12-патрубки; 13-редуктор;

Конструктивная особенность аппарата для культивирования микроорганизмов напрямую влияет на расчёт скоростей жидкой фазы в газожидкостном потоке, скорость которой зависит от скорости газа, физических и химических свойств среды [1,3].

В таблице 1 представлены расчетные формулы для определения физико-химических свойств питательной культивируемой среды.

Таблица 1- Расчётные формулы для определения физико-химических свойств питательной культивируемой среды

№ расч. формулы	Расчетная формула	Примечание
1	$d_n = \sqrt[3]{\frac{6d_0\mathfrak{G}}{q(p_{ж} - p_{r)}}}$	где d–диаметр отверстия; ɞ-поверхностное натяжение; q–ускорение свободного падения; $p_ж$ – плотность жидкости; $p_г$- плотность газа.
2	$n = \frac{6v_r}{nd_n^3}$	n-количество пузырьков, где $V_г$-общий объемный расход воздуха при нормальных условиях. Полученные значения n и $d_п$ с учетом скорости подъёма пузырьков дают возможность оценить газосодержащие зоне барботажа.
3	$\varphi = \frac{W_r}{C(W_r + W_{ж}) + KU_{П}}$	Где $\varphi_{вс}$-газосодержание; $W_ж$–скорость жидкости; С-массовая концентрация кислорода в среде; К-коэффициент; $U_п$-скорость всплытия одиночного пузыря в неподвижной жидкости.
4	$\varphi = 0{,}833\frac{W_r}{W_r + W_{ж}}$	В зависимости от характера изменения сечения трубы изменяется теоретически рассчитанный коэффициент от 1 до 1,5
5	$\varphi = 0{,}6\frac{W_r}{W_r + W_{ж}}$. $\varphi = 0{,}26\frac{w_r}{w_r + w_{ж}} \cdot (\frac{\Delta p}{p_r})^{0{,}125}$	Определение наименьшей величина газосодержания, при К=0, С=1,2 при $C = 3{,}7(\frac{\Delta p}{p_r})^{0{,}125}$

6	$\varphi=\frac{-(a\cdot w_{см})+\sqrt{(w_{см}+a^2)+4w_r\,(b+a)}}{2(b+a)}$,	Для работы барботажного трубчатого реактора в диапазоне w_r =0,1…0,18 м/с и $w_{ж}$=0,4…2,0 м/с при равных длинах (2 м) и диаметрах барботажной и циркуляционной труб, где $w_{см}=w_r+w_{ж}$ – скорость газожидкостной смеси.
7	$\varphi=\left(0{,}812-0{,}48\frac{h}{H_0}\right)+\left(0{,}043+0{,}11\frac{h}{H_0}\right)LW_r$	где h- уровень монолита жидкости над барботером; H_0- уровень жидкости в аппарате; l-характерный линейный размер, длина участка аппарата или его элемента.
8	$\varphi=KW_{\text{r}}^{\,a}$	газосодержания в кольцевом пространстве колонны с диффузором при научном обосновании значении газосодержания в аппаратах для культивирования микроорганизмов, осуществляющих подвод кислорода

Согласно многочисленным расчётам, можно определенно показать, что добавление кормового белка рацион сельскохозяйственным животных можно предварительно получить прирост живой массы сельскохозяйственных животных и сберечь при этом прикорм в виде зерновой культуры.

Список литературы

1. *Кокиева, Г. Е.* Комплексный подход и анализ эксплуатации оборудования пищевой промышленности, диагностика и повышение долговечности / Г. Е. Кокиева // Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона. Материалы 3-ей Региональной научно-практической конференции. Улан-Удэ., 2013. – С. 48-50.

2. *Кокиева, Г. Е.* Разработка методики экспериментального изучения масштабирования основных параметров ферментатора / Г. Е. Кокиева // Приволжский научный вестник. – 2014. – № 5. – С. 28-33.

3. *Кокиева, Г. Е.* Конструктивная особенность аппарата для культивирования микроорганизмов / Г. Е. Кокиева // 1-я международная научно-практическая конференция «Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы»(13 апреля 2016 г.) : сборник публикаций научного журнала "Chronos". – Москва, 2016. – С. 24-29.

4. *Кокиева, Г. Е.* Методика лабораторных и производственных исследований в экспериментальной установке / Г. Е. Кокиева // Проблемы развития современной науки : сборник научных статей по материалам I Международной научно-практической конференции. – Пермь, 2016. – С. 45-48.

5. *Кокиева, Г. Е.* О значении винных дрожжей ViniMuskat на процесс культивирования кормовых дрожжей / Г. Е. Кокиева, Л. О. Онхонова // Научный и инновационный потенциал Байкальского региона глазами молодежи : матер. науч. Конф. – Улан-Удэ : Изд-во БГУ, 2006. – С. 21-22

05.02.00

М.Н. Сидоров канд. ветеринар. наук, Н.А. Стручков канд. ветеринар. наук, М.М. Ершова

Якутская ГСХА

ПРОФИЛАКТИКА ЗАБОЛЕВАНИИ ЖИВОТНЫХ ПУТЁМ ВСКАРМЛИВАНИЯ БЕЛКОВО-ВИТАМИННЫМ КОНЦЕНТРАТОМ

Одним из ресурсов является производство кормового белка с помощью микробиологического синтеза. Восстановление нарушенных физиологических процессов осуществляется комплексом зоотехнических и ветеринарных мероприятий, в котором большое место занимает рациональное использование лекарственных веществ. На данный момент есть возможность борьбы с заболеваниями животных помимо использования лекарственных средств путём добавления в рацион сельскохозяйственным животным кормового белка, обладающего фармакологическими свойствами [4,5].

Ключевые слова: *кормовой белок, ветеринарные мероприятия, физиологические процессы, микробиологический синтез.*

Обобщенная информационная оценка современного состояния исследований в области микробиологического производства белково - витаминного комплекса (БВК) показала необходимость системного подхода к разработке технологии и технического обеспечения производственных объектов, обеспечивающих выполнение запланированных объемов производства с хорошим качеством и соблюдением технологических требований. Крайне суровые природно-климатические и хозяйственно-экономические условия Севера отражаются на организме местных пород животных. Безусловно, эти условия являются лимитирующими факторами для роста и развития, повышения продуктивности, воспроизводства местных пород. Породы животных в мире не подвергаются такому прессингу внешних факторов в период онтогенеза, как породы сельскохозяйственных животных в условиях Республики Саха (Якутия). Многолетние комплексные исследования позволяют заложить теоретические и практические основы нового направления в науке о кормлении сельскохозяйственных животных-использовать нетрадиционные кормовые добавки полученные микробным синтезом. Это направление охватывает кормовые добавки из отходов и побочных продуктов сельского хозяйства и отходов перерабатывающих производств [1].

Скармливание кормового белка обладающего фармакологическими ценностями в рацион питания сельскохозяйственным животным увеличивают не только прирост живой массы, и заболеваемости но и удваивают удои молока [2,3,4]. При недостаточном содержании в рационах фосфора, кальция, витамина D, а также если животное испытывает световое голодание нарушаются функции нервной системы, сердечная деятельность, всасывание в кишечнике жиров и углеводов, появляются заболевания костной ткани, ухудшается свертываемость крови. У молодых животных отмечают рахит и тетанию, а у взрослых — остеомаляцию, лизуху, нарушение функций половых органов, снижение молочной продуктивности, падение живого веса. Профилактика этих заболеваний осуществляется правильным составлением рационов. Кальций и фосфор в рацион вводят в виде минеральных добавок (тонкоразмолотый мел, костная мука, трикальцийфосфат, дикальцийфосфат, фосфорнокислый натрий, фосфорнокислый аммоний, травертин, сапропель, ракушечная мука и др.) [2,3]. Предлагается биологически активная добавка для вскармливания животным для профилактики заболевании у животных. Сырьем получения данной добавки служат лигноцеллозные отходы (отходы лесопереработка), они является нетрадиционным источником кормов. К ним можно отнести: опилки, кору и т.д. Использование отходов

лесного хозяйства, а в частности опилок дает сырьевую восполняемость в производстве белково-витаминного концентрата и последующей ее ультразвуковой отработкой. БВК вводится в сырьё или в готовые корма с целью придания кормам ценных необходимых свойств. В технологии применяется введение активаторов роста, за счет у которых происходит бродильная активность дрожжей и максимальное ее накопление. При воздействии лазерного излучения не штамм Candida Ubilis в клетках дрожжей происходят значительные изменения их морфологического и физического состояния. Внесение водных вытяжек солодовых сортов выступает как активатор роста. Добавление винных дрожжей придают дрожжам фармакологические свойства. В процессе экспериментальных исследований наблюдается увеличение дрожжевой массы приблизительно в 2 раза у контрольных.

Параметрами ультразвуковых колебаний является частота и интенсивность известно, что есть низкочастотные (до 10 ГЦ) и высокочастотные (свыше 100 кГц). Напряжение варьировалось в диапазоне 2,1-2,4 квт.

В табл. 1 приведены методы применяемые в процессе работы.

№ п/п	метод	определение
1	Исследование свойств дрожжей	- Подъемная сила; - Активность; - Осмочувствительность; - Влажность; - Изучение морфологических и физиологических характеристик.
2	Ультразвуковое воздействие	Излучатель= 0,1 КВТ Частота- 22 кГц Акустическая мощность экспоненциального излучателя до 1 Вт/см2 , рабочая емкость 0,2 л

В таблице 2 приведены данные микробного синтеза в ферментаторе

Таблица 1-Данные культивирования в оборудовании

Показатели							
№п/п	Время культивирования	μ_{max}		Накопление биомассы, млрд/мл		Минимальное время генерации $g_{min, час}$	Количество глюкозы за время культивирования, мл
		Оптическая плотность	Количество жизнеспособных клеток	Оптическая плотность	Количество жизнеспособных клеток		
Инструктивный режим							
1	13	1,3±0,012	0,9±0,004	5,4±0,15	4,8±0,01	0,6±0,1	35,4
2	11	1,1±0,072	0,98±0,05	6,7±0,2	5,9±0,21	0,71±0,01	36,2
Экспериментальный режим							
3	13	1,14±0,032	0,77±0,33	15,4±0,4	14,2±0,35	1,0±0,01	330,20
4	11	0,1±0,022	0,92±0,02	20,4±0,45	15,4±0,4	0,82±0,01	280,14
5	9	0,47±0,022	0,01±0,001	8,4±0,3	4,0±0,02	0,9±0,01	129,18
6	10	0,711±0,032	0,62±0,02	12,9±0,04	5,0±0,1	1,62±0,02	150,00

В результате микробного синтеза получаем кормовой белок обладающий фармакологическими свойствами.

Основной отраслью сельского хозяйства Крайнего Севера является животноводство. В связи с этим исключительно большую роль играет улучшение кормовой базы. По решению задачи быстрого подъема животноводства решающее значение имеет обеспечение скота достаточным количеством концентрированных, сочных и грубых кормов. Это требует коренного улучшения организации кормовой базы и полного использования имеющихся ресурсов.

Питание, удовлетворяющее все физиологические потребности животных, определяется качественным и количественным составом кормов. Ввод БВК в состав питания сельскохозяйственным животным позволит без снижения расширить сырьевую базу для производства дополнительной продукции животноводства, создать запас кормов при возникновении экстремальных случаев в условиях Якутии.

Список литературы

1. *Батищев А.Н.* Методологические основы обоснования рационального способа восстановления деталей // Механизация и электрификация сельского хозяйства.-1992.-№ 9.-с.30-31.

2. *Безрядина Г.Н.* Синтез алгоритмов управления в условиях конкурентного взаимодействия популяций микроорганизмов: (На прим. дрожжевого производства). Автореф. дис… канд. техн. наук: 05.13.16, 05.13.07. – Воронеж: ВГТА, 1997. – 16 с.

3. *Кокиева, Г. Е.* Исследование аппарата для культивирования микроорганизмов / Г. Е. Кокиева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 4. – С. 123-125.

4. *Кокиева Г.Е.* Кормовые дрожжи как биологически активная добавка в кормлении сельскохозяйственных животных // Матер. регион. науч.- практ. конф. «Пищевые технологии, качество и безопасность продуктов». – Иркутск: Изд-во ИТУ, 2006 .

5. *Кокиева Г.Е.* Кормовые дрожжи как источник белка и витаминов // Матер. науч. конф. «Научный и инновационный потенциал Байкальского региона глазами молодежи».- Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2006.

05.02.22

С.Н. Антропов, А.П. Буйносов д-р техн. наук

Уральский государственный университет путей сообщения,
кафедра «Электрическая тяга»,
Екатеринбург, se-antr@mail.ru, byinosov@mail.ru

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА ЭП2К

На основе собранной авторами статистической информации об отказах улов и деталей выполнен анализ технического состояния пассажирских электровозов постоянного тока ЭП2К. Определены причины динамики уменьшения коэффициента технической готовности и увеличения количества отказов. Выявлены наиболее уязвимые узлы и детали электровоза.

Ключевые слова: *электровоз, пассажирский, постоянный ток, состояние, техника, анализ.*

Проблема эффективности использования электровозов в локомотивном хозяйстве является наиболее острой среди предприятий железнодорожного транспорта. По состоянию на конец февраля 2017 г. в 3-х эксплуатационных локомотивных депо (ТЧЭ) России (Октябрьской, Западно-Сибирской и Московской дирекциях тяги) находились 347 электровозов ЭП2К [1], из них 70 – находились в пределах гарантийного срока обслуживания. Несмотря на увеличение количества новых электровозов ЭП2К в ТЧЭ, процентное отношение гарантийных электровозов к общему парку (γ) продолжает уменьшаться (в январе 2016 г. γ = 28.5 %, в феврале 2017 γ = 20.2 %).

Суммарное среднее время простоя пассажирских электровозов ЭП2К при производстве гарантийных ремонтов всех видов (ТР-1, ТР-2 и ТР-3) за первые 2 месяца 2017 г. составил 2163 ч., что составляет 6.2 % от общего времени простоя всего парка электровозов ЭП2К за 2 месяца 2017 г. (13343 ч.) [1]. Следует учесть, что в феврале 2017 г. 30 из 69 заходов на неплановый ремонт произошли по причине перепростоя при проведении технического обслуживания ТО-2, среднее время простоя на которых составило 53.6 ч. Среднее время простоя на одном гарантийном неплановом ремонте гарантийных электровозов ЭП2К за 2 месяца 2017 г. составило 77.26 ч., что больше в 1,2 раза по сравнению с аналогичным периодом 2016 г. Среднее значение удельного времени простоя на одном неплановом ремонте всего парка электровозов ЭП2К за тот же период 2017 г. составило 123.5 ч., что в 1.6 раз ниже значения за аналогичный период 2016 г. (198.5 ч.) [2].

Отношение полезного (коммерческого) времени электровоза к общему объективно оценивает как эффективность использования ЭП2К, так и его надежность. В качестве основного показателя SLA (Service Level Agreement), интегрально оценивающего непроизводительный простой локомотива, принят коэффициент технической готовности ($K_{\text{ТГ}}$), рассчитываемый по формуле:

$$K_{\text{ТГ}} = \frac{t_{\text{РС}}}{t_{\text{РС}} + t_{\text{ОТ}} + t_{\text{ПЛ}} + t_{\text{ИЗ}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{РС}}$ – суммарное время пребывания электровозов в работоспособном состоянии в рассматриваемом периоде эксплуатации (в состояниях, относящихся к типу «Исправное» в рассматриваемом периоде эксплуатации), ч.; $t_{\text{ОТ}}$ – суммарное время пребывания электровозов в неработоспособном состоянии в связи с их ремонтами установленных видов из-за отказов в рассматриваемом периоде эксплуатации (в состояниях, относящихся к типу «Гарантийный ремонт»), ч.; $t_{\text{ПЛ}}$ – суммарное время пребывания электровозов в неработоспособном состоянии в связи с их обслуживанием (в состояниях, относящихся к типу «Обслуживание»), ч.; $t_{\text{ИЗ}}$ – общее время ожидания сервисного обслуживания

электровозов, а также другие административные издержки, которые зависят только от действий исполнителя (в состояниях, относящихся к типу «Административные издержки»), ч.

По показателям эксплуатации электровозов ЭП2К в 2017 г. рассчитанный по формуле (1) $K_{ТГ}$ всего парка составил 0.974, что несомненно удовлетворяет нормативному значению $K_{ТГ}$, заявленному в ТУ (0.97), однако он ниже значения, который был получен в 2016 г. (0.98) [3].

В таблице приведены реализованные за первые 2 месяца 2017 г. значения показателей надежности электровозов ЭП2К.

Таблица

Динамика изменения значения удельного количества отказов

Наименование парка	Тип нарушения	Удельное количество отказов на 1 млн. км за период		Динамика, %
		с января по февраль 2016 г.	с января по февраль 2017 г.	
Гарантийный парк	отказы 1-го вида	0.41	0.35	–15
	отказы 3-го вида	3.71	9.84	+265
Негарантийный парк	отказы 1-го вида	1.02	0.47	–54
	отказы 3-го вида	5.93	12.53	+211
Приписной парк	отказы 1-го вида	0.68	0.43	–37
	отказы 3-го вида	5.2	11.7	+225

Из анализа данных, приведенных в таблице видно, что общая динамика изменения продолжает оставаться отрицательной. Можно предположить, что факторами риска отказов узлов и деталей электровоза ЭП2К 3-го вида являются низкое качество технического обслуживания и выполнения ремонтных работ персоналом сервисных депо.

На диаграмме (рис. 1) приведено распределение в процентном отношении количество отказов электровозов ЭП2К в зависимости от парка (приписной и гарантийный).

Рис. 1– Круговая диаграмма распределения отказов электровозов ЭП2К

Как видно из рис. 1 из всех типов нарушений превалируют отказы 3-го вида. Следует отметить, что устойчивая тенденция роста отказов 3-го вида наблюдается с 2015 г. и, начиная с сентября 2016 г., среднее значение отказов 3-го вида превысило нормативное значение. Посредством экстраполяции полученных статистических данных, можно утверждать о сохранении динамики роста отказов 3-го вида в дальнейшей перспективе.

Необходимо особо выделить то, что отказы таких узлов, как неисправности контакторов, неисправности гидродемпферов, сбои в программном обеспечении ПСН и МПСУ, неисправности приборов безопасности в основном не вызывают постановку электровозов на ремонт, а их устранение происходит во время производства ТО-2 [4].

Согласно статистической информации собранной авторами за первые 2 месяца 2017 г. зафиксировано 168 случаев неисправностей деталей и узлов электровозов ЭП2К. Для оценки причинно-следственных связей между дефектами и отказавшими деталями и узлами электровозов ЭП2К построим диаграмму Парето [5].

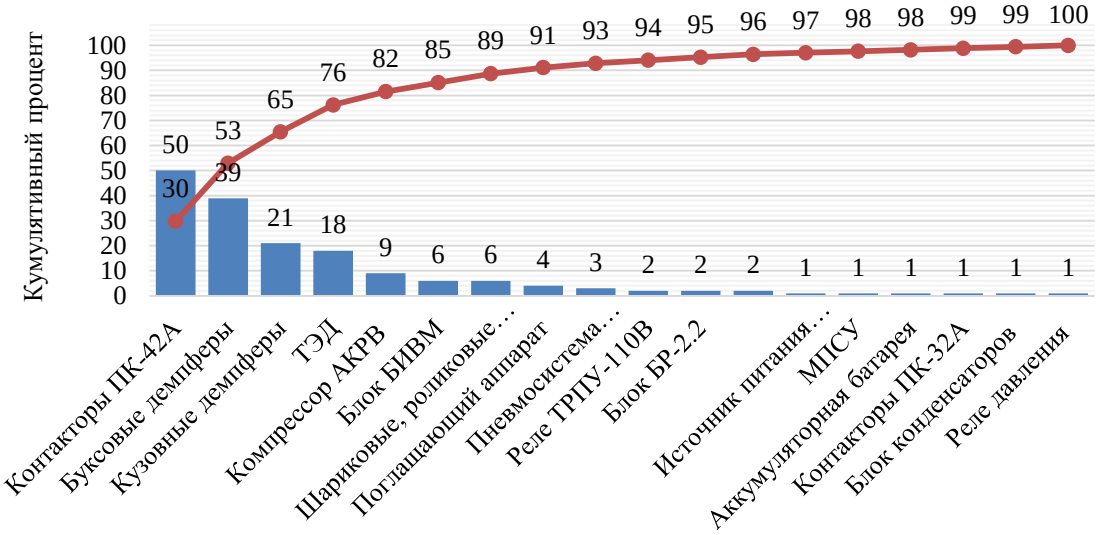


Рис. 2– Диаграмма Паретто по видам отказов деталей и узлов ЭП2К

Из рис. 2 видно, что к наиболее уязвимым [5] можно отнести следующие детали и узлы: контакторы ПК-42А, буксовые и кузовные гидродемпферы, тяговые электродвигатели. Суммарный процент дефектов этих 4-х узлов и деталей (группы риска) в общем количестве отказов составляет 76 %. Соответственно, устранение причин отказов этой группы деталей и узлов электровоза имеет наибольший приоритет, а связанные с этим мероприятия – самую высокую эффективность.

С целью уменьшения дефектов и поддержания пассажирских электровозов ЭП2К в работоспособном состоянии требуется разработка способов направленных на повышение надежности контакторов ПК-42А, буксовых и кузовных гидродемпферов (гидравлических гасителей колебаний в первой и второй ступенях подвешивания), а так же тяговых электродвигателей ДТК-800КЕ.

Кроме того, необходимо, как можно скорее, уйти от понятия «среднее время простоя электровоза при производстве ремонта», так как ремонт может выполняться в разном объеме (ТО-3, ТР-1, ТР-2, ТР-3 и др.), то и простой существенно меняется. В этом случае понятие «средний простой», когда бимодальные и даже мультимодальные данные рассматриваются как единая выборка, а в результате получается результат, не имеющий физической интерпретации либо искажающий объективную ситуацию, при правильности математических операций не применим в инженерной деятельности и в анализе технического состояния электровозов, возможны ошибочные выводы.

Анализ унимодальности выборки технического состояния узлов и деталей электровозов, особенно находящихся в группе риска, следует начинать с вычисления базовых статистических показателей, таких как: математическое ожидание случайной величины и среднеквадратичное отклонение контролируемых параметров узлов и деталей электровозов ЭП2К по известным формулам.

Список литературы

1. *Буйносов А.П., Антропов С.Н.* Особенности передачи мощности на тепловозе с газотурбинным двигателем // Инновационный транспорт-2016: специализация железных дорог: материалы Международной научно-технической конференции, посвященная 60-летию основания Уральского государственного университета путей сообщения. Екатеринбург: УрГУПС, 2017. С. 194-198.

2. *Буйносов А.П., Лаптев С.И., Антропов С.Н.* Организация эксплуатации газотурбинных локомотивов // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 8. С. 10-13.

3. *Буйносов А.П., Антропов С.Н.* Анализ нарушения работы комплекса БЛОК на локомотивах в сервисном депо Свердловск // Научно-технический вестник Поволжья. 2016. № 6. С. 82-85.

4. *Антропов С.Н., Буйносов А.П.* О концепции развития универсальной платформы для локомотивов нового поколения // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 3. С. 22-24.

5. *Буйносов А.П., Мишин Я.А.* Анализ отказов узлов электровозов постоянного тока на основе закона Парето // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 2. С. 97-100.

05.02.00

[1]А.Н. Блазнов д-р техн. наук, [1]Д.Е. Зимин канд. техн. наук, [2]Е.Э. Анисимов, [2]А.В. Синицин, [1]М.Е. Журковский

[1] Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук, Бийск, blaznov74@mail.ru,

[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОМПОЗИТОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НАГРУЗКИ И ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ

В работе приведены результаты исследований долговечности образцов композитных материалов под действием нагрузки и повышенной влажности. Контроль диффузии влаги в образцы производили на образцах-спутниках, находящихся в эксикаторе в ненагруженном состоянии. В течение 130 суток сорбция влаги не превышает 0,2 %. Малое количество поглощенной влаги не оказывает влияния на долговечность композитов.

Ключевые слова: *композитные материалы, влажность, долговечность, продольный изгиб.*

Мировую тенденцию имеет развитие производства полимерных композиционных материалов (ПКМ) для различных отраслей машиностроения, таких как авиастроение, атомная промышленность, космическая техника, судостроение, нефтегазовая и горнодобывающая промышленность. Период использования ПКМ для указанных целей должен составлять 30-50 лет, однако строгой научной основы достоверного прогнозирования долговечности на такой длительный срок эксплуатации в мировой науке еще не существует [1]. Отсутствуют достоверные знания о сущности старения ПКМ, учитывающих синергизм воздействия разнообразных климатических факторов (температуры, влажности, солнечной радиации, осадков, ветра) и механических нагрузок эксплуатационного уровня. Не установлена взаимосвязь накопления микродефектов, деструкции, пластификации, доотверждения, структурной релаксации и других физико-химических превращений с изменением комплекса деформационно-прочностных показателей ПКМ.

К числу наиболее важных факторов воздействия относятся: влагонасыщение, воздействие повышенных температур, циклы нагрева и охлаждения и механические нагрузки [2].

С целью исследований влияния одновременного действия нескольких эксплуатационных факторов на долговечность композитов авторами была разработана методика и оборудование для испытаний.

Для изготовления композитов применяли эпоксиангидридное связующее ЭДИ горячего отверждения: эпоксидная смола ЭД-22 (100 масс.ч.), отвердитель изо-МТГФА (85 масс.ч.), ускоритель УП-606/2 (1 масс.ч.) [3]. В качестве армирующего материала использован базальтовый ровинг BCF 17-2520-KV13 (ООО «Каменный век, г. Дубна».

Образцы композитов изготавливались методом намотки пропитанного связующим ровинга на оправку в несколько слоев в соответствии с ГОСТ 33349–2015 (ISO 1268-5:2001). Для получения композитов применялся намоточный станок, оснащенный системой программного управления [4], позволяющий в широком диапазоне регулировать скорость вращения оправки и каретки движения нитеводителя. После намотки на оправку ровинга с постоянным мелким шагом, оправку снимали, подпрессовывали с помощью пластин и термостатировали по режиму: 30 мин. при температуре 125 °С и 120 мин. при температуре 150 °С. После отверждения форму распрессовывали, полученные пластины разрезали на образцы. На установке были получены 3 партии пластин из однонаправленного базальтопластика.

Образцы были разбиты на 4 группы, назначение которых следующее:

1) испытание на продольный изгиб с определением исходных характеристик: прочности σ, модуля упругости *E*, предельной деформации ε [5];

2) испытание на долговечность при продольном изгибе при комнатной температуре под действием расчетного напряжения 0,8 от разрушающего (0,8 σ);

3) испытание на долговечность при продольном изгибе при напряжении 0,8 σ при комнатной температуре, в условиях 97 %-й влажности (в эксикаторе);

4) образцы-свидетели в ненагруженном состоянии в эксикаторе, предназначенные для контроля диффузии влаги.

Размеры и механические свойства образцов первой группы по результатам испытаний на продольный изгиб приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний образцов на продольный изгиб

Образец	*L*, мм	*h*, мм	*b*, мм	σ, МПа	*E*, МПа	ε, %
1/4	120,00	2,52	12,07	1157	34225	3,4
1/9	120,02	2,50	11,97	1173	35170	3,3
1/14	119,85	2,32	12,05	1283	32851	3,9
2/1	119,95	2,30	12,01	1220	36832	3,3
2/2	119,90	2,55	12,07	1173	33573	3,5
2/6	120,01	2,34	12,09	1106	35866	3,1
3/8	119,80	2,80	12,06	953	27401	35
3/11	119,74	3,01	12,06	873	27050	3,2
3/13	119,94	2,41	12,07	1233	34499	3,6

Были исследованы два образца (с наибольшим и наименьшим значением прочности), по определению содержания связующего, которые показали следующие результаты: образец № 2/1 – 28 % связующего (по массе), № 3/11 – 34 % соответственно.

Для исследования долговечности при продольном изгибе изготовлены специальные струбцины, которые позволяют зажимать до 5-ти образцов одновременно. Заданный прогиб (и пропорционально ему напряжение) регулируется затяжкой гайки (рисунок 1).

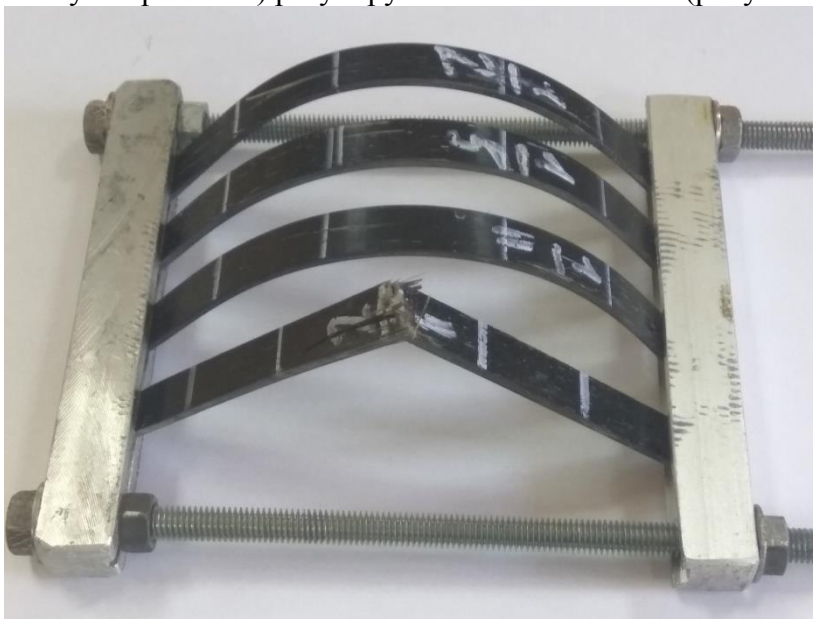


Рис. 1– Струбцина с зажатыми в ней образцами

Образцы групп 2 и 3 были нагружены продольным изгибом в струбцинах (рис. 1) расчетным напряжением 0,8σ и поставлены на длительные испытания в комнатных условиях (группа 2) и в эксикаторе в условиях 97 %-й влажности (группа 3). Для каждого образца определили фактическое напряжение и долговечность τ – время до разрушения. Результаты испытаний приведены в таблицах 2 и 3, соответственно.

Таблица 2 – Испытания на долговечность образцов при продольном изгибе

№ образца	$\sigma_{факт}$, МПа	τ, с	$\gamma = \sigma_{факт}/\sigma$	ln (τ, с)
1/2	392	Более 11232000	0,34	Более 16,23
1/5	733	Более 11232000	0,63	Более 16,23
1/11	683	Более 11232000	0,59	Более 16,23
2/9	591	Более 11232000	0,53	Более 16,23
2/10	689	518400	0,62	13,16
2/11	610	26445	0,55	10,18
3/10	555	Более 11232000	0,64	Более 16,23
3/14	669	Более 11232000	0,77	Более 16,23
3/16	734	864000	0,84	13,67

Таблица 3 – Испытания на долговечность образцов при продольном изгибе в условиях 97 %-й влажности (в эксикаторе)

№ образца	$\sigma_{факт}$, МПа	τ, с	$\gamma = \sigma_{факт}/\sigma$	ln (τ, с)
1/3	647	Более 11232000	0,56	Более 16,23
1/7	523	Более 11232000	0,45	Более 16,23
1/12	648	40	0,56	3,69
2/4	607	6048000	0,55	15,62
2/13	641	Более 11232000	0,58	Более 16,23
2/15	663	Более 11232000	0,60	Более 16,23
3/4	578	3900	0,66	8,27
3/7	622	Более 11232000	0,71	Более 16,23
3/12	631	Более 11232000	0,72	Более 16,23

В эксикатор одновременно поместили образцы-свидетели в ненагруженном состоянии, предназначенные для контроля диффузии влаги (группа 4). Результаты контроля прироста массы образцов при выдержке до 130 суток приведены на рис. 2.

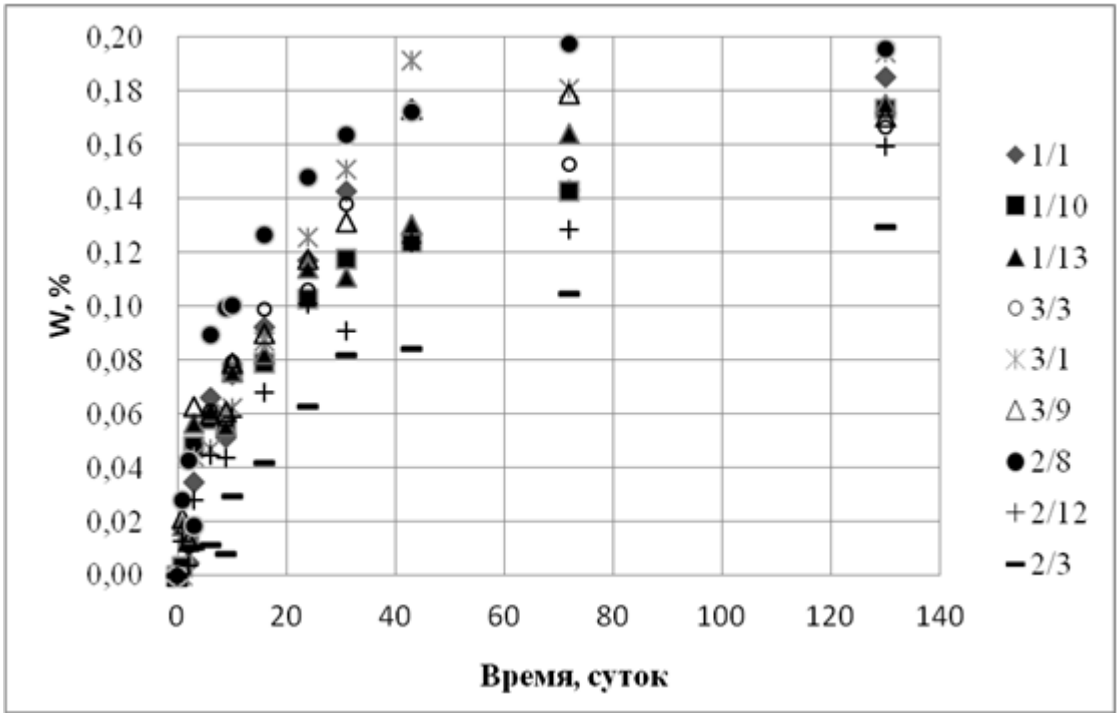


Рис. 2– Процесс поглощения влаги образцами в ненагруженном состоянии

По данным рисунка 2 можно заключить, что процесс диффузии влаги в образцы при комнатной температуре происходит очень медленно – за 4 месяца экспозиции увлажнение образцов составило от 0,13 до 0,20 %. Начиная с 60-ти суток, сорбция влаги замедлилась и кривые вышли на плато. По данным таблиц 2 и 3, столь низкое влагонасыщение не оказывает заметного влияния на долговечность нагруженных образцов. Для интенсификации диффузии влаги рекомендуется повысить температуру выдержки до 60 °С.

Работа выполнена при использовании оборудования Бийского регионального центра коллективного пользования СО РАН (ИПХЭТ СО РАН, г. Бийск).

Список литературы

1. *Старцев, В.О.* Климатическая стойкость полимерных композиционных материалов и защитных покрытий в умеренно-теплом климате: автореферат дисс. ... докт. техн. наук. – 05.16.09 / Старцев Валерий Олегович. – М., 2018. – 48 с.

2. *Каблов Е.Н., Старцев О.В., Кротов А.С., Кириллов В.Н.* Климатическое старение композиционных материалов авиационного назначения. III. Значимые факторы старения //Деформация и разрушение материалов. –2011. – № 1. – С. 34-40.

3. *Ходакова Н.Н., Самойленко В.В., Зимин Д.Е., Углова Т.К., Фирсов В.В., Блазнов А.Н.* Оптимизация рецептуры эпоксидного связующего для базальтопластиковых намоточных изделий // Ползуновский вестник. – 2016. – № 4.– Т.1 – С. 195-199.

4. *Самойленко В.В.* Совершенствование рецептурно-технологических параметров изготовления намоточных композитов на основе эпоксиангидридных матриц, армированных базальтовыми и стеклянными волокнами: дисс…канд. техн. наук. – 05.17.06 / Самойленко Вячеслав Владимирович. – Бийск, 2018. – 140 с.

5. Пат. 2451281. Российская Федерация, МПК G01N. Способ определения механических характеристик стержней из полимерных композиционных материалов и устройство для его реализации (варианты) / Рудольф А.Я., Поздеев С.П., Савин В.Ф., Луговой А.Н., Блазнов А.Н., Старцев О.В., Тихонов В.Б., Локтев М.Ю. - № 2010139689/28; заявл. 27.09.2010; опубл. 20.05.2012; бюл. № 14. – 12 с.: ил.

05.02.02

И.Н. Бояршинова канд. техн. наук, М.Р. Бекмансуров

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
факультет прикладной математики и механики,
кафедра вычислительной математики и механики,
Пермь, irina.boyarshinova@gmail.com

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ РАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Предлагается методика оптимального проектирования рамных конструкций наименьшего веса, сочетающая два различных подхода к оптимизации: топологический и параметрический. На основании результатов топологической оптимизации строится рамная конструкция для дальнейшей параметрической оптимизации с целью снижения веса при ограничениях на прочность. Применение методики дает существенную экономию затрат на проектирование.

Ключевые слова: *оптимальное проектирование, топологическая оптимизация, параметрическая оптимизация, рамная конструкция.*

На данном этапе развития общества, когда производители стремятся уменьшить затраты на производство, при этом сохраняя или даже улучшая механические свойства детали, крайне актуально использование методов оптимального проектирования конструкций.

В работе предлагается использовать сочетание топологической и параметрической оптимизации для проектирования рамных конструкций наименьшего веса.

Основное преимущество метода топологической оптимизации – возможность создавать структуры минимальной податливости при заданном весе, изменяя формы и границы деталей, при небольших затратах компьютерных ресурсов [1].

Параметрическая оптимизация предусматривает выбор наилучших параметров изделия для создания оптимальной конструкции при заданной целевой функции и ограничениях. Для задач с большим количеством параметров метод требует существенных компьютерных ресурсов [2, 3, 4].

В работе рассматривается трехмерное тело, закрепленное по двум стенкам сзади и на поддерживающих конструкцию колоннах спереди. На поверхность трех граней действует давление, равное 3000 Па. Материал конструкции – сталь марки 08Х18Н10. Расчетная схема конструкции представлена на рис.1.

Требуется создать рамную конструкцию, обладающую минимальным собственным весом и удовлетворяющую условиям прочности при эксплуатационных нагрузках.

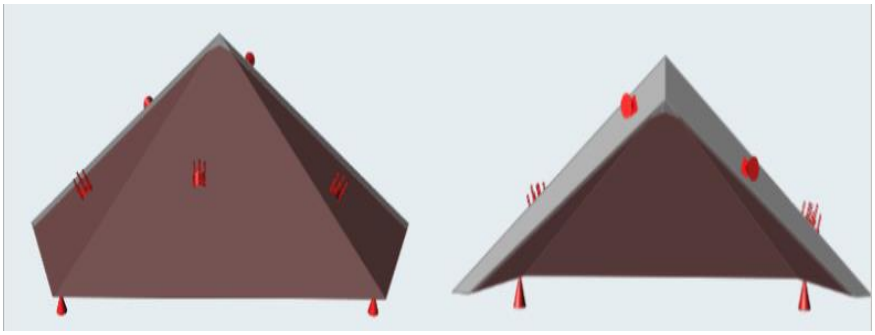


Рис. 1– Расчетная схема конструкции (вид спереди и сзади)

Математическая постановка задачи топологической оптимизации формулируется следующим образом: в качестве целевой функции в задаче выступает функция податливости:

$$J(\boldsymbol{P},V,\boldsymbol{u}) \to min, \quad (1)$$

где $\boldsymbol{P}$ – вектор приложенных сил, V – объем тела, $\boldsymbol{u}$ – вектор перемещений. Параметрами оптимизации являются: V_i – частичный объем i-го элемента, x_i – весовой коэффициент, характеризующий наличие материала в конечном элементе. В качестве условий задачи оптимизации используются ограничения на объем (при равномерном распределении массы по элементам):

$$V = \sum_{i=0}^{N} V_i x_i \quad (2)$$

При этом напряженно-деформированное состояние изделия должно удовлетворять уравнениям прямой задачи теории упругости: уравнениям равновесия (3), физическим соотношениям (4), геометрическим соотношениям (5), граничным условиям (6 – 8).

$$div\boldsymbol{\sigma}(\boldsymbol{x}) = 0, \ \boldsymbol{x} \in V \quad (3)$$

$$\boldsymbol{\sigma} = \tilde{\boldsymbol{c}} \cdot\cdot \boldsymbol{\varepsilon}, \ \boldsymbol{x} \in V \quad (4)$$

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{1}{2}\left(\nabla \boldsymbol{u} + \boldsymbol{u}\nabla\right), \ \boldsymbol{x} \in V \quad (5)$$

$$\boldsymbol{\sigma} \cdot \boldsymbol{n} = 0, \ \boldsymbol{x} \in S \quad (6)$$

$$\boldsymbol{u}(\boldsymbol{x}) = 0, \ \boldsymbol{x} \in S_u \quad (7)$$

$$\boldsymbol{\sigma} \cdot \boldsymbol{n} = \boldsymbol{P}, \ \boldsymbol{x} \in S_f \quad (8)$$

Решение задачи топологической оптимизации проводилось в пакете SolidThinking Inspire.

На рис. 2 показаны результаты оптимизации и распределение интенсивности напряжений при заданном остаточном объеме 85% и 30%. Максимальные напряжения в конструкции не превысили допустимых значений в обоих случаях.

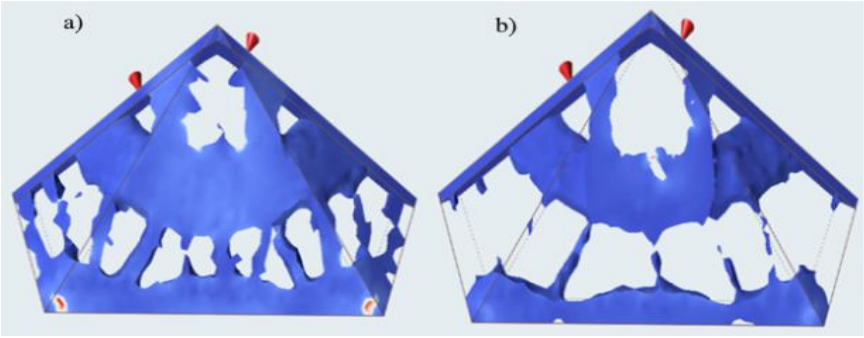


Рис. 2– Результаты оптимизации при 85% (a) и 30% (b) объема

На рисунке видна тенденция удаления частей объема.

На основании результатов топологической оптимизации, представленных на рис. 2, была построена рамная конструкция из балок, для которой сформулирована задача параметрической оптимизации [2].

Трехмерное тело, показанное на рис 1, заменено конструкцией из двух видов балок из прямоугольных труб, размеры сечения которых – 80x80x5 мм и 60x40x3.2 мм. Первые расположены по периметру конструкции, вторые представляют собой перемычки. Конструкция представлена на рис. 3.

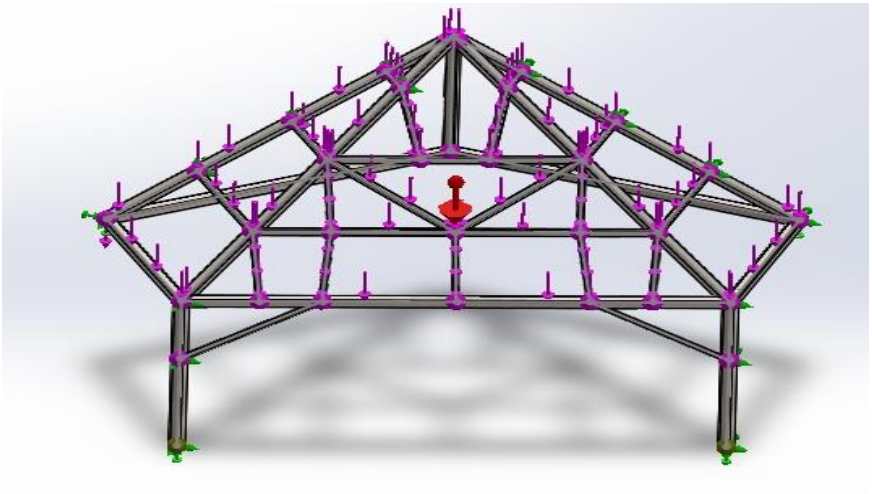


Рис. 3– Расчетная схема рамной конструкции

Действующее давление перераспределяется по балкам по следующей формуле:

$$P_б = \frac{P_{общ} * S}{\sum_{1}^{n} S_n}, \text{ где} \quad (9)$$

$P_{общ}$ – общее давление, равное; S – площадь грани исходной модели; S_n – площадь грани балки.

В качестве целевой функции в задаче параметрической оптимизации выступает вес (объем) конструкции:

$$V(\boldsymbol{f}, \boldsymbol{u}, r_k) \to min,\ k = 1, K \quad (10)$$

где K – число параметров оптимизации, $\boldsymbol{f}$ – вектор приложенных сил, r_k – параметры оптимизации, u – вектор перемещений.

В качестве варьируемых выбраны параметры, задающие расположение поперечных балок. Ограничения накладываются на прогибы и интенсивность напряжений. Кроме того, напряженно-деформированное состояние конструкции должно удовлетворять уравнениям прямой задачи теории упругости (11) – (17). Здесь $w(\boldsymbol{x})$ – прогиб в направлении оси *Oz*; $v(\boldsymbol{x})$ – прогиб в направлении *Oy*.

$$\frac{\partial^2}{\partial z^2}\left(EY_y \frac{\partial^2 w^2(\boldsymbol{x})}{\partial z^2}\right) = p_1(\boldsymbol{x}),\ \boldsymbol{x} \in V, \quad (11)$$

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2}\left(EY_z \frac{\partial^2 v^2(\boldsymbol{x})}{\partial y^2}\right) = p_2(\boldsymbol{x}),\ \boldsymbol{x} \in V, \quad (12)$$

$$\boldsymbol{\sigma} = E \bullet \boldsymbol{\varepsilon},\ \boldsymbol{x} \in V, \quad (13)$$

$$\boldsymbol{\varepsilon}_{\xi} = -\xi \frac{\partial^2 w}{\partial x^2},\ \boldsymbol{x} \in V,\ \xi = z, y, \quad (14)$$

$$\boldsymbol{\sigma} \cdot \boldsymbol{n} = 0,\ \boldsymbol{x} \in S, \quad (15)$$

$$\boldsymbol{u}(\boldsymbol{x}) = 0,\ \boldsymbol{x} \in S_u, \quad (16)$$

$$\boldsymbol{\sigma} \cdot \boldsymbol{n} = \boldsymbol{P},\ \boldsymbol{x} \in S_f. \quad (17)$$

Решение задачи параметрической оптимизации проводилось в пакете Solidworks. На рис. 4 представлена конструкция после оптимизации. Интенсивность напряжений и максимальные перемещения не превышают допустимых.

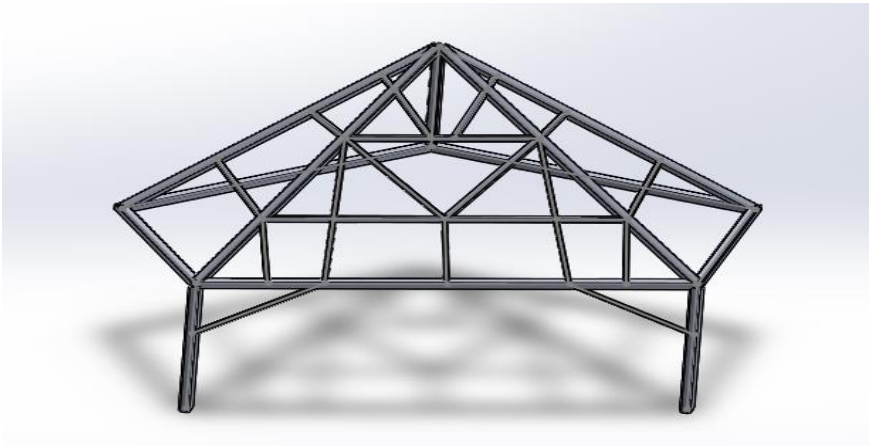


Рис. 4– Оптимизированная конструкция

В результате использования предложенной методики получена конструкция оптимального веса для заданных эксплуатационных нагрузок при существенной экономии компьютерных ресурсов за счет предварительного этапа топологической оптимизации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (договор № 02.G25.31.0168 от 01.12.2015 г. в составе мероприятия по реализации Постановления Правительства РФ № 218).

Список литературы

1. *Кротких А.А., Максимов П.В.* Исследование и модификация метода топологической оптимизации SIMP // Международный научно- исследовательский журнал. 2017. № 1-4 (55). С. 91-94.

2. *Бояршинова И. Н.* Применение методов оптимизации к численному анализу температурных полей заготовок кварцевого оптического волокна // Вестник ПНИПУ Механика, 2013. – №1. – С. 39 – 51.

3. *Бояршинова И.Н., Дробинин М.М.* Снижение уровня остаточных напряжений в изделиях из полимеров путем оптимизации процесса производства // Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 2. С. 19-23.

4. *Boyarshinov M.G. Boyarshinova I.N.* Optimal control of vitrifying polymers cooling process targeted at residual stresses decrease. Solid State Phenomena. Problems of Deformation and Fracture in Materials and Structures, Trans Tech Publications Ltd, Switzerland, 2016. – Vol. 243. – P. 23 – 28.

05.02.02

И.Н. Бояршинова канд. техн. наук, М.С. Ильиных

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
факультет прикладной математики и механики,
кафедра вычислительной математики и механики,
Пермь, IlinihM@mail.ru

ДВУХЭТАПНАЯ МЕТОДИКА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ВЕСА

Сегодня оптимальное проектирование конструкций является одной из приоритетных задач при разработке и производстве новейших конкурентоспособных изделий. В работе предлагается комбинированная методика, сочетающая топологическую и параметрическую оптимизации. Методика реализована на примере задачи оптимального проектирования детали с целью снижения веса. Решение проводилось при помощи пакетов Solidthinking inspire, ANSYS и специально разработанной программы, реализующей метод Нелдера-Мида.

Ключевые слова: *оптимальное проектирование, минимизация веса, топологическая оптимизация, параметрическая оптимизация.*

В настоящее время технологическая гонка заставляет производителей искать способы минимизации веса конструкций, уменьшения временных и финансовых затрат на их разработку без снижения качества и надежности. Поэтому оптимальное проектирование является на сегодняшний день одним из приоритетных направлений при разработке и реализации новейших конкурентоспособных изделий. Традиционный метод параметрической оптимизации [1–3] позволяет получить изделия оптимального веса, однако при большом количестве параметров оптимизации требует значительных вычислительных ресурсов.

Одной из тенденций в оптимальном проектировании изделий с целью снижения веса является использование топологической оптимизации [4,5], позволяющей получить оптимальную геометрическую форму изделий заданного веса при известных нагрузках. Однако результаты, полученные методом топологической оптимизации, обладают рядом недостатков, в числе которых – возможное нарушение сплошности материала конструкции, отсутствие гладких границ, несоблюдение условий прочности. Кроме того, изделия, спроектированные методом топологической оптимизации, зачастую могут быть изготовлены только при помощи аддитивных технологий.

В представленной работе предлагается комбинированная методика оптимизации веса изделия, сочетающая в себе достоинства топологической оптимизации и традиционной параметрической оптимизации и не обладающая недостатками указанных методов.

В качестве целевой функции топологической оптимизации выступает функция податливости:

$$J(\boldsymbol{f}, V, \boldsymbol{u}) \to \min \quad (1)$$

где $\boldsymbol{f}$ – вектор приложенных сил, V – объем тела, $\boldsymbol{u}$ – вектор перемещений.

Параметрами оптимизации являются: V_i – частичный объем i-го элемента, x_i – весовой коэффициент, характеризующий наличие материала в конечном элементе. В качестве условий задачи оптимизации используются ограничения на объем:

$$V^* = \sum_{i=0}^{N} V_i x_i \quad (2)$$

Напряженно-деформированное состояние (НДС) изделия должно удовлетворять уравнениям прямой задачи теории упругости: уравнениям равновесия (3), физическим соотношениям (4), геометрическим соотношениям (5), граничным условиям (6) – (8):

$$\mathrm{div}\boldsymbol{\sigma}(\mathbf{x}) = 0, \qquad \mathbf{x} \in V, \tag{3}$$

$$\boldsymbol{\sigma} = \tilde{\mathbf{c}} \cdot\cdot \boldsymbol{\varepsilon}, \ \mathbf{x} \in V, \tag{4}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{1}{2}\left(\nabla \boldsymbol{u} + \boldsymbol{u}\nabla\right), \quad \mathbf{x} \in V, \tag{5}$$

$$\boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{n} = 0, \quad \mathbf{x} \in S, \tag{6}$$

$$\boldsymbol{u}(\mathbf{x}) = 0 \quad \mathbf{x} \in S_u, \tag{7}$$

$$\boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{n} = \mathbf{P} \quad \mathbf{x} \in S_f. \tag{8}$$

Математическая постановка задачи параметрической оптимизации формулируется следующим образом: целью оптимизации является минимизация веса изделия:

$$\rho \int dV(r_i) \to \min, \ i = \overline{1,n}, \tag{9}$$

где ρ – плотность материала. Параметрами оптимизации выступают геометрические размеры изделия: r_i, $i = \overline{1,n}$ где n – число параметров оптимизации. Ограничения накладываются на параметры оптимизации и на прочность:

$$r_i^{\min} \le r_i \le r_i^{\max}, \tag{10}$$

$$\sigma_i \le \sigma^*, \tag{11}$$

НДС конструкции должно удовлетворять уравнениям прямой задачи теории упругости (3) – (8). На рис. 1 представлена расчетная схема детали для решения модельной задачи минимизации веса. На поверхность S_f действует по касательной равномерно распределенная нагрузка **P**, на поверхностях S_u – закрепление.

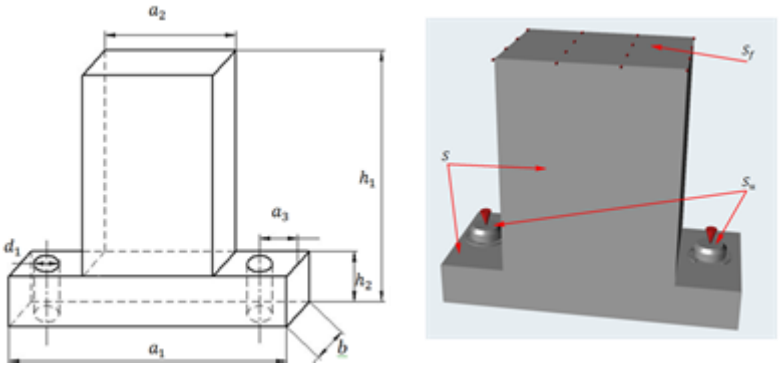
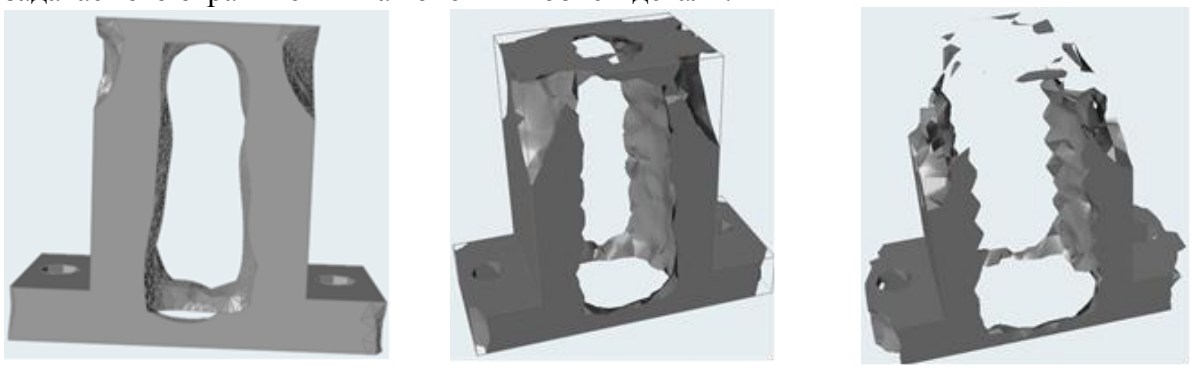


Рис.1– Расчетная схема детали

Предлагаемая методика решения включает два этапа. В качестве первого этапа используется топологическая оптимизация, реализованная в пакете Solidthinking inspire, расчет НДС проводился в пакете ANSYS.

На рис. 2 представлены результаты топологической оптимизации в зависимости от задаваемого ограничения на конечный объем детали.



a) b) c)

Рис. 2 – Результаты топологической оптимизации:
a) 51 % ; b) 40 % ; c) 21 % от начального объема заготовки

На Рис.2 b) и c) видно нарушение целостности детали и отсутствие гладких границ. Выполнение этапа топологической оптимизации позволяет проследить эволюцию формы детали и использовать результат в качестве начального состояния для проведения второго этапа – параметрической оптимизации.

На основании анализа формы детали, представленной на Рис. 2 a), проводилась формализация границ и выбирались параметры оптимизации, представленные на Рис. 3, а затем решалась задача (3) – (11). Этап параметрической оптимизации выполнялся при помощи компьютерной программы, реализующей метод Нелдера-Мида [6].

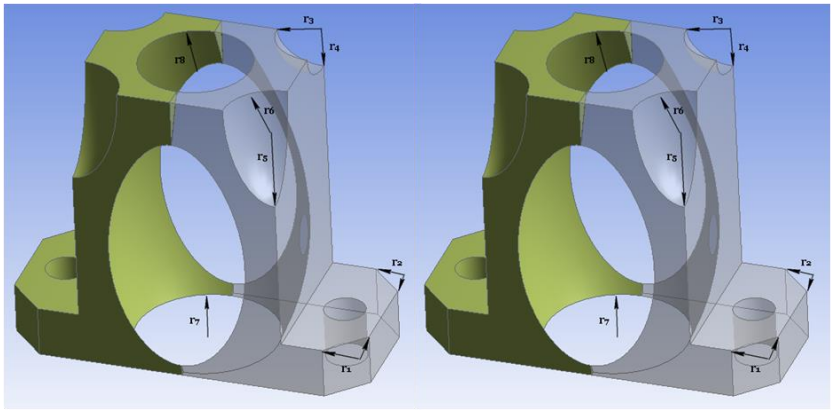
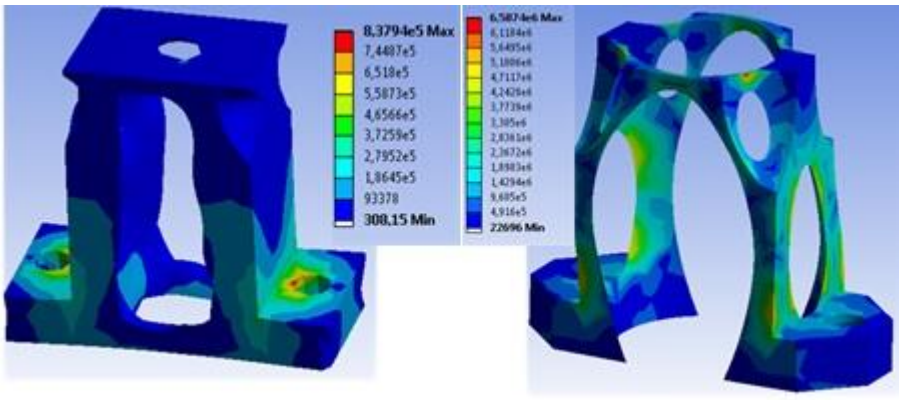


Рис. 3– Параметры оптимизации

Фигуры, полученные в результате топологической и параметрической оптимизации, и НДС детали в каждом случае показаны на Рис.4 a) и b) соответственно. Вес оптимального изделия составляет 15% от веса заготовки (рис. 1), при этом условие прочности (11) выполняется.



a) b)

Рис. 4– Распределение эквивалентных напряжений

a) – после топологической оптимизации, b) - конечный результат

Предложенная в работе методика оптимального проектирования изделий с целью минимизации веса, включающая поэтапное применение топологической и параметрической оптимизации, позволяет проектировать изделие оптимальной формы и веса, исключая недостатки обоих методов при экономии затрат вычислительных мощностей. Полученная в результате деталь может быть изготовлена традиционными методами.

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «ПНИПУ» при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (договор №02.G25.31.0168 от 01.12.2015 г. в составе мероприятия по реализации постановления Правительства РФ № 218).

Список литературы

1. *Бояршинова И.Н.* Применение методов оптимизации для определения характеристик термомеханического поведения стеклующихся полимеров// Вестник ПНИПУ – Механика, 2012. – №1. – С.7-15.
2. *Бояршинова И. Н.* Применение методов оптимизации к численному анализу температурных полей заготовок кварцевого оптического волокна // Вестник ПНИПУ Механика, 2013. – №1. – С. 39 – 51.
3. *Boyarshinov M.G. Boyarshinova I.N.* Optimal control of vitrifying polymers cooling process targeted at residual stresses decrease. Solid State Phenomena. Problems of Deformation and Fracture in Materials and Structures, Trans Tech Publications Ltd, Switzerland, 2016. – Vol. 243. – P. 23 – 28.
4. *Лихтярников Я.М.* Вариантное проектирование и оптимизация стальных конструкций / Я.М. Лихтярников – М.: Стройиздат, 1979
5. *Сысоева В.В., Чедрик В.В.* Алгоритмы оптимизации топологии силовых конструкций / В. В. Сысоева, В. В. Чедрик – Ученые записки ЦАГИ, 2011.
6. *Bunday B.D.* Basic Optimization Methods. – Hodder Arnold, 1984.

05.02.22

А.П. Буйносов д-р техн. наук, В.С. Наговицын д-р техн. наук, С.Л. Марулин

Уральский государственный университет путей сообщения,
кафедра «Электрическая тяга»,
Екатеринбург, byinosov@mail.ru, vsnagovitsyn@yandex.ru, Ogurci-15@mail.ru

МЕТОДОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА, ДИАГНОСТИРОВАНИЯ, ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В статье рассмотрена методология развития систем мониторинга, технического диагностирования, обслуживания и ремонта железнодорожного подвижного состава, которая базируется на двух условиях, определяющих его функционирование – обеспечение требуемого уровня надежности и сокращение затрат на поддержание безотказности.

Ключевые слова: *подвижной состав, диагностика, обслуживание, ремонт, система, мониторинг, методология, развитие.*

Изучение различных систем технического обслуживания и ремонта (ТехОиР) подвижного состава (ПС) показывает, что без мониторинга и диагностики, количественной оценки эффективности затрат на его проведение и устранение выявленных недостатков нельзя обеспечить требуемый уровень надежности и минимизировать расходы [1]. Кроме того, необходимо гарантировать, что при надлежащих условиях ТехОиР каждая единица ПС обеспечит требуемый уровень безотказности в межремонтный период, т. е. будет соблюдаться условие

$$P_{\text{факт}}(t, \Delta t) \geq P_{\text{пред}}(t, \Delta t), \quad (1)$$

где $P_{\text{факт}}$ и $P_{\text{пред}}$ – фактический и предельный уровни вероятности безотказности работы ПС.

Для поддержания необходимого уровня надежности ПС при ТехОиР должна действовать система мониторинга и различными средствами диагностирования (рис. 1) его узлов [2]. Функционирование ПС можно считать успешным при выполнении условия:

$$P_{\text{факт}}(t) \leq P_{\text{вост}}(S(t)), \quad (2)$$

где $P_{\text{вост}}(S(t))$ – вероятность безотказной работы ПС, которая обеспечивается за счет восстановительных работ при затратах S.

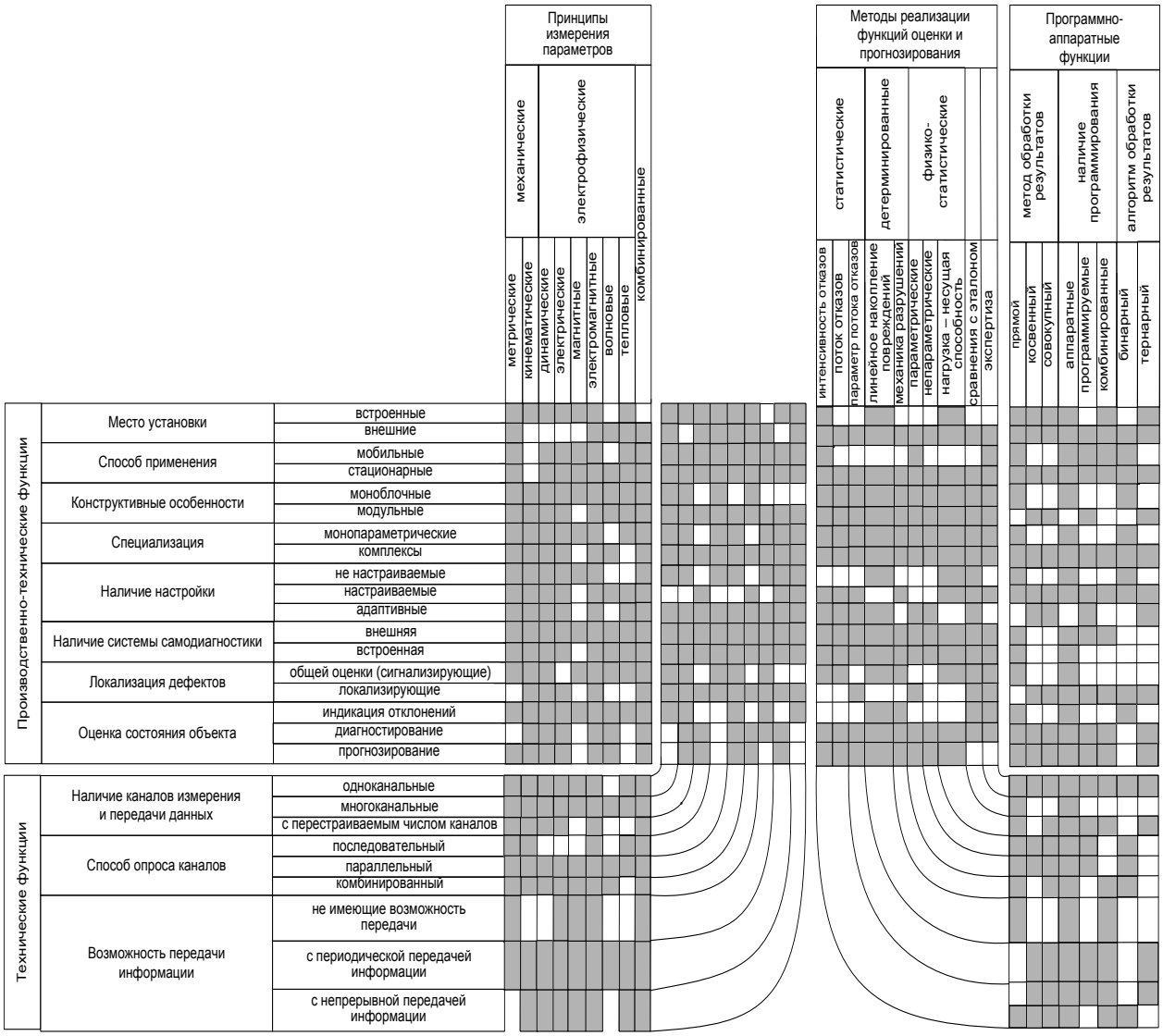


Рис. 1- Средства диагностики ПС

На рис. 2 показан пример изменения во времени затрат $S(t)$ с целью поддержания безотказности ПС для двух различных расходов на ТехОиР S_1 и S_2. С тем, чтобы обеспечить сопоставимость результатов принято допущение, что изменение вероятности безотказной работы $P(t)$ ПС одинаково при S_1 и S_2.

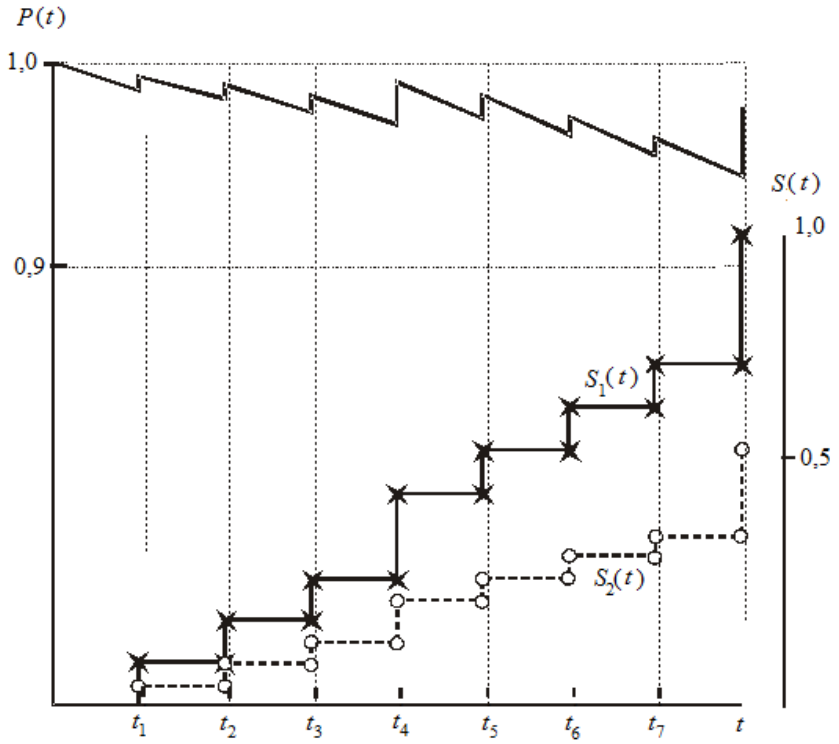


Рис. 2- Зависимость вероятности безотказной работы при разных расходах на ТехОиР ПС

Изменение расходов $S(t)$ при разной стратегии восстановления работоспособности ПС при обеспечении предельного снижения вероятности безотказной работы ΔP можно выразить как [3]

$$\Delta P(S_1(t, \Delta t)) = \Delta P[S_2(t, \Delta t)]; \qquad S_1(t, \Delta t) > S_2(t, \Delta t). \tag{3}$$

Существуют различные виды и способы восстановления узлов ПС для обеспечения требуемого уровня безотказности. Для выбора наилучшего способа необходимо выполнить сравнительный анализ различных способов восстановления ресурса узлов ПС при ТехОиР для достижения требуемого уровня безотказности при минимизации затрат на восстановление их работоспособности. Для решения этой задачи предложена методика, в основу которой положена зависимость (1). Изменение системы ТехОиР можно производить после установления наилучшего соотношения между предельным уровнем безотказности ПС и расходами [4, 5].

Поэтому, при создании и совершенствовании системы мониторинга и диагностирования технического состояния ПС необходимо выполнять сопоставление эффективности применения различных технических средств и методов решения соотношения (1). Если это условие выполняется, то возможно такое сочетание средств и методов по восстановлению работоспособности ПС, которое будет наилучшим, для этого нужно минимизировать при проведении ТехОиР функцию расходов $S(t)$ или $\Delta S(t, \Delta t)$ для заданного периода эксплуатации Δt при некоторой наработке t.

Таким образом, при заданном допустимом уровне безотказности (или допустимой величине его снижения) значение $S(t, \Delta t)$, представляет собой сумму всех затрат $S_\Sigma(t)$ на поддержание работоспособного состояния ПС

$$S_\Sigma(t) = S_{мон}(t) + S_{диаг}(t) + S_{то}(t) + S_{тр}(t) + S_{скр}, \tag{4}$$

или для Δt

$$\Delta S_\Sigma = \Delta S_{мон}(t) + \Delta S_{диаг}(t) + \Delta S_{то}(t) + \Delta S_{тр}(t) + \Delta S_{скр}, \tag{5}$$

где $S_{мон}(t)$ и $S_{диаг}(t)$ [$\Delta S_{мон}(t)$ и $\Delta S_{диаг}(t)$] – затраты на мониторинг и диагностирование ПС; $S_{то}(t)$ [$\Delta S_{то}(t)$] – затраты на техническое обслуживание (ТО); $S_{тр}(t)$ [$\Delta S_{тр}(t)$] – затраты на текуший ремонт (ТР) ПС; $S_{скр}$[$\Delta S_{скр}$] – разовые затраты на средний (СР) или капитальный ремонт (КР).

Существующая система организация ремонта ПС основана на детерминированном подходе, затраты на ремонт определяются как:

$$S_{\Sigma}(t) = S_{тр}(t) + S_{скр}. \quad (6)$$

Здесь не учитываются суммарные затраты на устранение последствий отказов ($S_{отк}$), которые зачастую во много раз превышают S_{Σ}. Фактически имеем

$$S_{\Sigma}(t) = S_{тр}(t) + S_{скр} + S_{отк}. \quad (7)$$

В основе предлагаемого подхода к организации ТехОиР ПС принята модель, включающая в себя затраты на устранения последствий отказов 1-го, 2-го и 3-его видов ($S_{отк}$), а также затраты на проведение мониторинга ($S_{мон}$) и технической диагностики ($S_{диаг}$) подвижного состава [6]

$$S_{\Sigma}(t) = S_{мон}(t) + S_{диаг}(t) + S_{то}(t) + S_{тр}(t) + S_{скр} + S_{отк}. \quad (8)$$

За счет введения диагностического мониторинга появляется возможность реального представления конкретных данных о состоянии ПС и заблаговременного проведения технических мероприятий по повышению безотказности их узлов. При этом обеспечивается снижение вероятности всех видов отказов и, как следствие, расходов на устранение их последствий, т. е. $S_{отк} \Rightarrow 0$.

По рассматриваемым методам и средствам должны быть представлены данные об эффективности мониторинга и диагностики в конкретном периоде эксплуатации ПС (при использовании микропроцессорной системы управления и диагностики (МПСУ и Д)). МПСУ и Д включает в себя несколько подсистем, в т. ч. подсистему диагностики, которая выполняет мониторинг работы узлов ПС (так называемый «дистанционный диагностический мониторинг») [6].

Подсистема бортовой диагностики непрерывно контролирует состояние ПС, записывая значения контролируемых параметров узлов и предупреждая о приближении или наступлении отказа. В кабине управления ПС установлены два монитора: рабочий и диагностический. На диагностический монитор выводятся сведения о предотказовом состоянии, который моет возникнуть при движении ПС. Аппаратура бортовой диагностики может работать в диалоговом режиме, когда машинисту требуется помощь, устройство на любой технический сбой или отказ тут же выдает конкретные рекомендации. Диагностическая аппаратура на ПС, используя спутниковую связь, дает рекомендации и персоналу сервисному локомотивному депо, оценивая объем ремонтных работ.

Таким образом, мы постепенно переходим на планово-предупредительную систему ТехОиР с учетом технического состояния ПС.

Другие решения повышения надежности ПС и минимизации затрат на ТехОиР, при существующем состоянии системы ТехОиР ПС, по эффективности будут значительно ниже.

Список литературы

1. *Буйносов А.П., Наговицын В.С.* Диагностика низковольтных цепей электровоза // Железнодорожный транспорт. 1996. № 9. С. 36-38.

2. *Наговицын В.С., Буйносов А.П.* Структурная классификация технических средств диагностики тягового подвижного состава // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 6. С. 326-329.

3. *Буйносов А.П., Марулин С.Л.* Система гребнесмазывателей «твердого» типа для магистральных электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 4. С. 36-38.

4. *Буйносов А.П., Наговицын В.С.* Новый гребнесмазыватель на основе графитосодержащего материала // Железнодорожный транспорт. 1996. № 2. С. 39-41.

5. *Буйносов А.П., Калмыков А.А., Елфимов В.И., Наговицын В.С.* Бесконтактное измерение бандажей // Железнодорожный транспорт. 1995. № 11. С. 34-36.

6. *Буйносов А.П.* Выбор оптимального остаточного проката бандажей колесных пар магистральных электровозов // Омский научный вестник. Серия Приборы, машины и технологии, 2012. № 3 (113). С. 113-116.

05.02.13

Л.В. Быков канд. техн. наук, О.А. Пашков канд. техн. наук

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра «Авиационно-космическая теплотехника»,
Москва, bykov@mai.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕЧЕНИЯ В ОТРЫВНЫХ ЗОНАХ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

В работе представлена методика моделирования течения в отрывных зонах, возникающих вблизи поверхности летательного аппарата. Математическая модель основана на решении дискретных аналогов уравнений газодинамики на нерегулярной расчётной сетке совместно с уравнениями переноса массы для каждого компонента смеси, дифференциальным уравнением теплопроводности твердого тела, уравнением лучистого теплообмена.

Ключевые слова: *летательный аппарат, сверхзвуковой поток, газовая динамика, математическое моделирование, уравнения Навье-Стокса.*

Математическая модель процессов, протекающих в отрывных зонах, возникающих вблизи поверхности высокоскоростного летательного аппарата при полёте в атмосфере, основана на использовании уравнений сплошной среды. В настоящее время существует большое количество математических моделей различной сложности, которые позволяют достоверно описать процессы, происходящие на носовой части высокоскоростного летательного аппарата (ЛА), а также на передних кромках стабилизаторов и аэродинамических органов управления. Известно, что течение в этих зонах характеризуется образованием сверхзвуковых газодинамических особенностей: скачков уплотнения, имеющих отошедший криволинейный характер в случае затупленной геометрии или присоединенный характер в случае заостренной геометрии. Не смотря на сложность структуры этих газодинамических особенностей, можно утверждать, что в настоящее время характер течения в этих областях достаточно хорошо изучен, и может быть рассчитан с достаточной точностью с помощью существующих методов численного моделирования.

В то же время течение в отрывных зонах, возникающих вблизи высокоскоростного ЛА изучено значительно хуже. При высоких скоростях полета ЛА течение в отрывных зонах имеет нестационарный характер с турбулентными эффектами и выходом модели за пределы гипотезы сплошности среды в зонах большого разрежения. Следует также отметить, что в связи с низкой плотностью потока в этих областях исследование характера течения с помощью оптических экспериментальных методов сильно затруднено.

В данной работе представлена математическая модель позволяющая предсказать параметры течения в отрывных зонах, возникающих вблизи поверхности высокоскоростного ЛА при полёте в атмосфере, свойства которой могут быть описаны с помощью уравнений сплошной среды.

Известно, что при обтекании тела гиперзвуковым потоком в сжатом и пограничном слое, газ становится химически активным [1]. В таком газе реализуются как реакции диссоциации молекул, так и реакции рекомбинации [2, 3]. Наличие этих реакций изменяет механизм переноса теплоты и массы в пограничном слое, т.е. интенсифицирует процессы тепломассообмена между газовым потоком и поверхностью тела. Уровень критерия Маха (М), при котором в сжатом и пограничном слоях реализуются эти процессы, определяет газодинамическую природу течения, переводя его из сверхзвукового в гиперзвуковое. Начало такого течения соответствует значению $M \geq 6$. Поэтому в условиях гиперзвукового полёта воздух необходимо рассматривать как многокомпонентный газ.

В рамках данной работы парциальная плотность каждой *i*-ой компоненты воздуха вычислялась с использованием уравнения состояния в виде:

$$\rho_i = \frac{P_i}{R_i \cdot T}, \quad (1)$$

где P_i - парциальное давление *i*-ой компоненты в составе смеси; $R_i = R_\mu/M_i$ – газовая постоянная, R_μ – универсальная газовая постоянная, M_i – мольная масса *i*-го компонента. После чего вычислялась плотность смеси.

Термодинамическая энтальпия смеси:

$$i = \sum_{i=1}^{n} C_i \cdot i_i \,, \quad (2)$$

где $i_i = \int_{T_1}^{T_2} c_{p,i} \cdot dT$ – термодинамическая энтальпия *i*-ой компоненты.

Удельная теплоёмкость $c_{p,i}$ каждой *i*-ой компоненты задавалась по кусочно-линейному закону в виде функции от температуры и давления. В результате средняя удельная теплоёмкость газовой смеси вычислялась с использованием соотношения:

$$c_{p,см} = \sum_{i=1}^{n} C_i \cdot c_{p,i} \,, \quad (3)$$

где: C_i – массовая концентрация каждого компонента; $c_{p,i}$ – удельная изобарная теплоёмкость каждой компоненты.

Теплопроводность λ_i каждой *i*-ой компоненты определялась с использованием соотношения кинетической теории газов, после чего вычислялась суммарная теплопроводность смеси:

$$\lambda_i = \frac{15}{4}\frac{R_\mu}{M_i} \cdot \mu_i \left[\frac{4}{15}\frac{c_{p,i} \cdot M_i}{R_\mu} + \frac{1}{3} \right], \quad (4)$$

где: μ_i – динамическая вязкость *i*-го компонента;

Вязкость каждого *i*-го компонента вычислялась по формуле Сатерленда в виде:

$$\mu_i = \mu_{0i} \left(\frac{T}{T_0} \right)^{3/2} \frac{T_{норм} + S}{T + S}, \quad (5)$$

где: μ_{0i} – динамическая вязкость *i*-го компонента при нормальных условиях; T – статическая температура, К; $T_{норм}$ – температура при нормальных условиях; S – эффективная температура (константа Сатерленда). После чего вычислялась динамическая вязкость смеси.

Для вычисления коэффициента бинарной диффузии использовалось модифицированное соотношение Чемпена-Энскога.

Отметим, что в случае моделирования внешнего обтекания тел гиперзвуковыми потоками остро стоит проблемный вопрос достоверного описания химической кинетики газовой среды, формирующей поток.

Для воздуха при высоких температурах известно довольно большое количество моделей химической кинетики, например, схема Или-Райдила, схема Ленгмюра-Хиншельвуда и др. В данной работе использовалась модель, состоящая из пяти основных неравновесных химических реакций, три из которых реализуются с участием третьих тел (М) (Таблица 1).

Таблица 1- Уравнения химических реакций

№ п.п.	Реакция	№ п.п.	Реакция
1	$O_2+M \Leftrightarrow 2O+M$	4	$NO+O \Leftrightarrow O_2+N$
2	$N_2+M \Leftrightarrow 2N+M$	5	$N_2+O \Leftrightarrow NO+N$
3	$NO+M \Leftrightarrow N+O+M$		

В дополнение к основным уравнениям газодинамики [4] для каждого из компонентов газовой смеси решалось отдельное уравнение переноса массы в виде:

$$\frac{\partial}{\partial \tau}\left(\rho_i C_i\right) + \nabla \cdot \left(\rho_i \vec{v} C_i\right) = -\nabla \cdot \vec{g}_i + \omega_i + S_i \,, \tag{6}$$

где C_i – локальная массовая концентрация i-го компонента; g_i – диффузионный поток i-го компонента; ω_i – скорость образования i-го компонента в химических реакциях; S_i - скорость образования i-го компонента за счёт наличия дополнительных источников.

В уравнении (6) члены слева направо представляют собой нестационарность процесса переноса массы, перенос массы конвекцией, перенос массы диффузией, источник массы, обусловленный наличием химических реакций, прочие источники массы.

Скорость образования i-го компонента в химических реакциях ω_i. вычислялась с использованием известного выражения Аррениуса. При этом константы химических реакций были взяты из работы [5].

Чтобы учесть процесс образования и поглощения тепловой энергии в правую часть уравнения энергии был введён член – источник энергии S_h. В результате чего уравнение энергии приняло следующий вид:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho E\right) + \nabla \cdot \left(\vec{v}\left(\rho E + p\right)\right) = \nabla \cdot \left(k_{eff} \nabla T - \sum_j h_j \vec{J}_j + \left(\vec{\vec{\tau}}_{eff} \cdot \vec{v}\right)\right) + S_h \tag{7}$$

В свою очередь, член - источник S_h может быть представлен в виде:

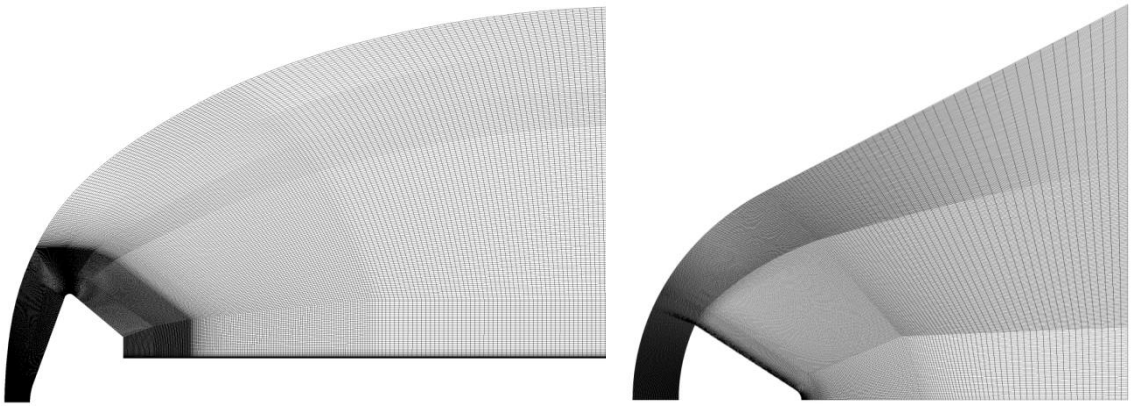
$$S_h = -\sum_j \frac{h_j^0}{M_j} \omega_j \tag{8}$$

где: ω_j – скорость образования компонента j; M_j – мольная масса компонента j; h^0_j - энтальпия образования компонента j.

Для решения вышеописанных уравнений газодинамики была построена двухмерная блочно-структурированная расчётная сетка. Расчетные сетки такой топологии [6] позволяют получить более достоверные значения градиентов газодинамических параметров в зоне скачков уплотнения, а также в отрывных зонах. На рис.1 в качестве примера приведены расчетные сетки для геометрий планетарного зонда и сегментально-конического тела размерностью 136 тыс. и 85 тыс. четырёхугольных ячеек. В тех областях, где ожидались наибольшие градиенты параметров потока, проводилось сгущение сетки.

Выводы

Предложена математическая модель газодинамических процессов, обтекания летательного аппарата высокоскоростным потоком. Данная модель апробирована на серии предварительных расчетов, в результате чего доказана устойчивость примененной численной схемы.



а) б)

Рис. 1- Расчётная сетка. а) расчетная сетка для исследования обтекания планетарного зонда; б) расчетная сетка для исследования обтекания сегментально-конического тела

Список литературы

1. *Никитин П.В.* Тепловая защита: Учебник. – М.: Изд. МАИ, 2006. – 512 с.
2. *Molchanov A. M., Bykov L. V., Donskikh V. V.* A Numerical Method for Solving the Equations of Supersonic Chemically Reacting Turbulent Flows// Тепловые процессы в технике 2012. Т.4, № 11. С.496-500.
3. *Быков Л.В., Молчанов А.М., Янышев Д.С.* Численный метод расчета сверхзвуковых турбулентных течений с химическими реакциями // Вестник Московского авиационного института. 2010. №3, Т.17. С.108-119.
4. *Быков Л.В., Никитин П.В., Пашков О.А.* Математическое моделирование процессов обтекания затупленного тела высокоскоростным потоком // Труды МАИ. 2014. № 78. – Режим доступа: http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=53445
5. *Widhopf G. F., Wang J. C. T.* A TVD Finite-Volume Technique for Nonequilibrium Chemically Reacting Flows // AIAA Paper. 1988. № 88-2711.
6. *Молчанов А.М., Щербаков М.А., Янышев Д.С., Куприков М.Ю., Быков Л.В*. Построение сеток в задачах авиационной и космической техники. МАИ – Москва, 2013. – 260 с., с ил.

05.02.00

А.П. Волков

Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева,
архитектурно-строительный факультет,
кафедра строительных материалов и технологий,
Саранск, volkovap94@yandex.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ БИОСТОЙКИХ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ

В работе приведены результаты исследований по определению активности минеральных добавок. Установлены зависимости изменения прочности композитов от основных структурообразующих факторов. Проведен регрессионный анализ и статистическая обработка результатов исследований

Ключевые слова: *активность, минеральная добавка, прочность, шлак, строительный материал, долговечность.*

Постоянно возрастающие требования к физико-техническим свойствам строительных материалов вызывает необходимость в создании их новых образцов с комплексом улучшенных показателей. Наибольшее внимание в мире в последнее время привлекают композиционные материалы, нашедшие широкое применение в строительстве и в других отраслях [1]. В номенклатуру композиционных строительных материалов (КСМ) объединены растворы и бетоны всех видов, мастики, замазки, клеи и т.д. [2-4]. Основным компонентом КСМ является связующее вещество, среди которых наибольшее применение в строительной отрасли находят различные цементы.

Вяжущим общего назначения является портландцемент, который используется для изготовления конструкций, не подвергающихся воздействию агрессивных сред. В то же время доля строительных конструкций, эксплуатирующихся в условиях воздействия агрессивных сред является значительной [5].

В последнее время одним из определяющих факторов повышения надёжности и долговечности зданий и сооружений становится биологическая коррозия [5-9]. Одним из мероприятий, направленных на повышение долговечности композитов на портландцементном связующем, в том числе биостойкости, является применение разных наполнителей, добавок и т.д. [2, 10-13].

К природным минеральным добавкам относятся некоторые горные породы как вулканического (вулканические пеплы, туфы, трассы), так и осадочного (диатомит, трепел, опока, глиежи) происхождения. К искусственным, доменные и электротермофосфорные гранулированные шлаки, нефелиновый шлам, искусственно обожженые глинистые материалы, зола-унос. Среди этих веществ наибольшее значение имеют пуццоланы — быстро охлажденные вещества вулканического происхождения, содержащие $Si0_2$ и $A1_20_3$ в аморфной форме и имеющие высокую активность, и доменные гранулированные шлаки, которые являются побочными продуктами при выплавке чугуна. Важным является то, чтобы вводимые добавки являлись активными при взаимодействии с вяжущим. Активность добавок – фактическая прочность на сжатие образцов из цементных растворов, изготовленных и испытанных в стандартных условиях, установленных нормативными документами.

Цель исследований состояла в изучении использования в качестве наполнителей отходов промышленных предприятий, а именно металлургических шлаков.

Научная и практическая ценность исследований заключается в установлении количественных данных активности наполнителей на основе металлургических шлаков.

При проведении экспериментальных исследований в качестве добавок использованы шлаки Липецкого металлургического комбината. Путем совместного тонкого измельчения портландцементного клинкера, необходимого количества гипса и минеральных добавок получено гидравлическое вяжущее по ГОСТ 310. В качестве заполнителя используется стандартный песок ГОСТ 6139-2003. Растворы готовят при соотношении вода/цемент = 0,40, при этом их консистенция по расплыву конуса после 30 встряхиваний на встряхивающем столике (КП-111Ф) должна характеризоваться диаметром в пределах 106 – 115 мм. При меньшем расплыве конуса количество воды в растворе увеличивают до получения расплыва 106 – 108 мм. Если же расплыв окажется более 115 мм, то количество воды уменьшают до получения расплыва конуса 113 – 115 мм. Диаметр конуса после 30 встряхиваний на столике в течение 30 с измеряют по нижнему основанию в двух взаимно перпендикулярных направлений и берут среднее значение. Для определения прочности при изгибе и сжатии по ГОСТ 310.1-76 и ГОСТ 3104-81 готовят балочки размером 40×40×160 мм из раствора предварительно смазанные слегка маслом. Формы с образцами закрывают крышкой и помещают в пропарочную камеру, режим выдержки и пропарки образцов по ГОСТ 310.4. Испытания образцов на сжатие проводят по ГОСТ 310.4 через (24 ± 2) ч с момента их изготовления.

Активность минеральной добавки по прочности проводят по ГОСТ 25094-94 и определяют статистической оценкой значимости различий прочности при сжатии образцов с добавкой и образцов с песком (12 результатов испытаний для каждого раствора).

Рассчитывают по пределу прочности при сжатии критерий Стьюдента (t -критерий) и сравнивают рассчитанное значение t – критерия с табличным, равным 2,07. Значение t - критерия вычисляют по формуле 1:

$$t = 2{,}45\frac{\overline{X}_Д - \overline{X}_П}{\sqrt{\frac{S^2_Д + S^2_П}{2}}} \quad (1)$$

где $\overline{X}_Д$ и $\overline{X}_П$ - средние арифметические пределов прочности при сжатии образцов, а $S_Д$, $S_П$ - среднее квадратическое отклонение предела прочности при сжатии образцов. Средние арифметические пределов прочности при сжатии образцов вычисляют по формулам 2 и 3:

$$\overline{X}_Д = \frac{\sum_{I=1}^{12} X_{iД}}{2} \quad (2)$$

$$\overline{X}_П = \frac{\sum_{I=1}^{12} X_{iП}}{2} \quad (3)$$

где, $X_{iД}$, $X_{iП}$ - единичное значение предела прочности при сжатии образца. Средние квадратические отклонения пределов прочности при сжатии образцов вычисляют по формулам 4 и 5:

$$S_Д = \sqrt{\frac{\sum_{I=1}^{12}(X_{iД} - \overline{X}_{iД})^2}{11}} \quad (4)$$

$$S_П = \sqrt{\frac{\sum_{I=1}^{12}(X_{iП} - \overline{X}_{iП})^2}{11}} \quad (5)$$

Значение t - критерия следует вычислять при выполнении следующих условий: $S_Д \cong S_П \le 2{,}0 МПа.$ Условие $S_Д \cong S_П$ считают выполненным, если $\frac{S_Д^2}{S_П^2}$ или $\frac{S_П^2}{S_Д^2} \le 2{,}82$, при этом в числителе помещают большую из двух величин $S_Д^2$ или $S_П^2$;

Таблица 1 – Расчет *t*-критерия для двух сравнительных смесей «клинкер + добавка (конвертерный шлак)» и «клинкер + песок»

Номер образца (соответственно смеси)	$X_{iД}$	$X_{iД} - \overline{X}_Д$	$(X_{iД} - \overline{X}_Д)^2$	$X_{Iп}$	$X_{iП} - \overline{X}_П$	$(X_{iП} - \overline{X}_П)^2$
1	3,58	0,08	0,0064	1,25	-0,8	0,64
2	3,13	-0,3	0,09	1,37	-0,6	0,36
3	3,29	-0,2	0,04	2,03	0,03	0,0009
4	3,68	0,2	0,04	1,82	-0,2	0,04
5	3,47	-0,03	0,0009	2,45	0,5	0,25
6	3,50	0	0	2,54	0,5	0,25
7	3,21	-0,3	0,09	1,19	-0,8	0,64
8	3,14	-0,4	0,16	2,17	0,2	0,04
9	3,86	0,4	0,16	1,95	-0,05	0,0025
10	3,76	0,3	0,09	2,4	0,4	0,16
11	3,85	0,4	0,16	2,19	0,2	0,04
12	3,03	-0,5	0,25	2,51	0,5	0,25
$\sum_{i=1}^{12}$	**41,5**		**1,1**	**23,87**		**2,67**

$$\overline{X}_Д = \frac{41,5}{12} = 3,5; \quad \overline{X}_П = \frac{23,87}{12} = 2,0.$$

$$S_Д^2 = \frac{1,1}{11} = 0,1; \quad S_Д = \sqrt{0,1} = 0,32 \approx 0,5 \le 2,0 \text{ МПа}.$$

$$S_П^2 = \frac{2,67}{11} = 0,24; \quad S_П = \sqrt{0,24} = 0,5.$$

$$\frac{S_Д^2}{S_П^2} = \frac{0,1}{0,24} = 0,42 \le 2,82.$$

$$t = 2,45\frac{3,5 - 2,0}{\sqrt{\frac{0,10 + 0,24}{2}}} = 8,9 > 2,07.$$

Таблица 2 – Расчет *t*-критерия для двух сравнительных смесей «клинкер + добавка (доменный шлак)» и «клинкер + песок»

Номер образца (соответственно смеси)	$X_{iД}$	$X_{iД} - \overline{X}_Д$	$(X_{iД} - \overline{X}_Д)^2$	$X_{iП}$	$X_{iП} - \overline{X}_П$	$(X_{iП} - \overline{X}_П)^2$
1	4,13	-0,2	0,04	1,25	-0,8	0,64
2	4,29	-0,01	0,0001	1,37	-0,6	0,36
3	4,7	0,4	0,16	2,03	0,03	0,0009
4	4,08	-0,2	0,04	1,82	-0,2	0,04
5	4,0	-0,3	0,09	2,45	0,5	0,25
6	3,96	-0,3	0,09	2,54	0,5	0,25
7	4,22	-0,08	0,0064	1,19	-0,8	0,64
8	4,49	0,2	0,04	2,17	0,2	0,04
9	3,96	-0,3	0,09	1,95	-0,05	0,0025
10	4,9	0,6	0,36	2,4	0,4	0,16
11	3,98	-0,3	0,09	2,19	0,2	0,04
12	4,77	0,5	0,25	2,51	0,5	0,25
$\sum_{i=1}^{12}$	**51,48**		**1,3**	**23,87**		**2,67**

$$\overline{X}_{Д} = \frac{51,48}{12} = 4,3; \quad \overline{X}_{П} = \frac{23,87}{12} = 2,0;$$

$$S_{Д}^{2} = \frac{1,3}{11} = 0,1; \quad S_{Д} = \sqrt{0,1} = 0,32 \approx 0,5 \leq 2,0 \text{ МПа}.$$

$$S_{П}^{2} = \frac{2,67}{11} = 0,24; \quad S_{П} = \sqrt{0,24} = 0,5.$$

$$\frac{S_{Д}^{2}}{S_{П}^{2}} = \frac{0,1}{0,24} = 0,42 \leq 2,82;$$

$$t = 2,45\frac{4,3-2,0}{\sqrt{\frac{0,10+0,24}{2}}} = 13,7 > 2,07.$$

По результатам расчетов можно сделать вывод, что добавки выдержали испытания на активность по прочности. Полученные результаты дают возможность говорить, что конвертерные и доменные шлаки Липецкого металлургического комбината являются активными минеральными добавками. Применение активных минеральных добавок в цементной индустрии позволяет значительно снизить себестоимость производимого портландцемента, а также создать цементные композиты, обладающие биостойкими свойствами.

Список литературы

1. *Бобрышев А.Н., Ерофеев В.Т., Жарин Д.Е.* Основы формирования структуры композиционных материалов. Саранск, 2012.
2. *Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Бикбаев Р.А., Бочкин В.С.* Влияние химического и минералогического состава наполнителей на свойства эпоксидных композитов // Строительные материалы. 1997. №1. С. 24.
3. *Бобрышев А.Н., Ерофеев В.Т., Козомазов В.Н.* Физика и синергетика дисперсно-неупорядоченных конденсированных композитных систем. Санкт-Петербург, 2012. – 476с.
4. *Макридин Н.И., Тараканов О.В., Максимова И.Н., Суров И.А.* Фактор времени в формировании фазового состава структуры цементного камня // Региональная архитектура и строительство. 2013. № 2. С. 26-31.
5. *Ерофеев В.Т., Богатов А.Д., Богатова С.Н., Казначеев С.В., Смирнов В.Ф.* Влияние эксплуатационной среды на биостойкость строительных композитов //Инженерно-строительный журнал .2012. №7 (33). С. 23-31.
6. *Ерофеев В.Т. Смирнов В.Ф., Богатова С.Н., Богатов А.Д., Казначеев С.В., Родин А.И.* Биостойкие композиты на основе отходов стекла//Строительство и реконструкция. 2015. №6(62). С.96-106.
7. *Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Лазарев А.В., Богатов А.Д., Казначеев С.В., Родин А.И., Смирнов О.Н., Смирнов И.В.* Биологическая и климатическая стойкость полимерных композитов //Academia. Архитектура и строительство. 2017. №1. С. 112-119.
8. *Ерофеев В.Т., Смирнов И.В., Воронов П.В., Афонин В.В., Каблов Е.Н., Старцев О.В., Старцев В.О., Медведев И.М.* Исследование стойкости полимерных покрытий в условиях воздействия климатических факторов черноморского побережья//Фундаментальные исследования. 2016. №11-5. С. 911-924.
9. *Калашников В.И., Ерофеев В.Т., Тараканов О.В.* Суспензионно-наполненные бетонные смеси для порошково-активированных бетонов нового поколения// Известия вузов. Строительство2016. №4. С. 38-37.
10. *Калашников В.И., Ерофеева И.В.* Высокопрочные бетоны нового поколения//Materials of the XII International scientifie and practical conference «Science without borders». 2016. P. 82-84.
11. *Гусев Б.В., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Дергунова А.В., Богатов А.Д.* Разработка способов повышения биостойкости строительных материалов//Промышленное и гражданское строительство. 2012. №4. С.52-58.
12. *Максимова И.Н., Ерофеев В.Т., Макридин Н.И., Полубарова Ю.В.* Комплексная оценка параметров качества структуры и механики разрушения цементного камня // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2015. № 3 (675). С. 14-22.

05.02.02

К.Г. Горгоц канд. техн. наук

Югорский государственный университет,
Институт (НОЦ) Технических систем и информационных технологий,
кафедра автомобильного транспорта,
Ханты-Мансийск, gorgotz_konst@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ МЕЖДУ САТЕЛЛИТАМИ В ПЛАНЕТАРНЫХ ПЕРЕДАЧАХ ТИПА 2К-Н С ФИКСИРОВАННЫМИ ЦЕНТРАЛЬНЫМИ ЗУБЧАТЫМИ КОЛЁСАМИ

В работе представлены результаты экспериментального исследования влияния передаваемого крутящего момента, радиальной силы, действующей на выходной вал и углового положения сателлитов, относительно направления её действия на распределение нагрузки между сателлитами планетарной передачи типа 2К-Н бортового редуктора транспортно - технологической гусеничной машины.

Ключевые слова: *планетарная передача, распределение нагрузки, сателлиты.*

Для трансмиссий современных высоконагруженных транспортно-технологических машин характерным является применение планетарных передач в составе различных агрегатов: коробок перемены передач, суммирующих рядов, механизмах поворота, бортовых редукторах, приводах инженерного оборудования и др. Самыми распространёнными являются планетарные передачи, выполненные по схеме 2К-Н. Установка центральных зубчатых колёс таких передач осуществляется двумя способами: с фиксацией в радиальном направлении (не плавающие) и с возможностью перемещения в радиальном направлении (плавающие). Каждый из перечисленных способов установки центральных зубчатых колёс имеет положительные и отрицательные свойства. По совокупности положительных свойств наиболее распространённым является способ их установки с фиксацией в радиальном направлении.

В работе [1] были представлены результаты теоретического исследования распределения нагрузки между сателлитами в планетарных передачах типа 2К-Н. По результатам исследования можно выделить две группы факторов, влияющих на неравномерность нагружения сателлитов: постоянные и переменные. К постоянным относятся конструктивные параметры самой передачи и её деталей. Переменные факторы обуславливают переменный характер неравномерности нагружения сателлитов, к ним относятся:

- внешние нагрузки (передаваемый крутящий момент Т и радиальные силы, действующие на валы), вызывающие деформации деталей;
- радиальные зазоры в сопряжениях ряда деталей, а также в зацеплениях зубчатых колёс,
- угловое положение сателлитов φ по отношению к направлению действия радиальной силы.

Сложность теоретического учёта влияния многообразия всех факторов на неравномерность распределения нагрузки между сателлитами обуславливает целесообразность проведения соответствующего экспериментального исследования.

В качестве объекта исследования был принят одноступенчатый планетарный бортовой редуктор транспортно – технологической гусеничной машины массой 18000 кг. Тип планетарной передачи 2К-Н, её солнечная шестерня нагружается крутящим моментом до 5000 Н•м, а водило радиальной силой до 100000 Н, возникающей со стороны гусеничного обвода и зависящей от величины крутящего момента на выходе из бортового редуктора.

Нагрузки, передаваемые сателлитами определялись тензометрированием их осей. Величины коэффициентов, учитывающих неравномерность распределения нагрузки между сателлитами Ωj для j-го сателлита рассчитываются по формуле:

$$\Omega_j = K_j P_{rj} / \sum_{j=1}^{3} K_j P_{rj},$$

где K_j - тарировочный коэффициент тензометрического преобразователя в оси *j*-го сателлита;

P_{rj} - показания тензометрического преобразователя в оси *j*-го сателлита.

Экспериментальное определение распределения нагрузки между сателлитами выполнялось при статическом нагружении планетарного бортового редуктора на стенде. В процессе проведения эксперимента осуществлялось определение значений коэффициентов $\Omega_{ji\varphi}$ при *i*-х уровнях нагрузки для каждого (*j* -го) сателлита при φ-м его угловом положении относительно направления действия на выходной вал (водило) бортового редуктора радиальной силы. Количество фиксированных положений сателлитов принималось равным шести, расположенных через угловые промежутки Δφ = 60°. Для каждого углового положения для всех трёх сателлитов определялось по 12 значений коэффициентов $\Omega_{ji\varphi}$. С этой целью после очередного замера угловое положение сателлитов по отношению к направлению действия радиальной силы менялось на 360°.

В качестве примера на рис.1 представлен фрагмент машинограммы с реализациями изменений коэффициентов $\Omega_{ji\varphi}$ по углу поворота сателлитов относительно направления действия радиальной силы φ от 0° до 720° для заданных значений величин крутящего момента Т = 1000 Н·м и соответствующей ему радиальной силы 25800 Н. Анализ полученных реализаций показал, что значения коэффициентов $\Omega_{ji\varphi}$ меняются с изменением углового положения сателлитов по отношению к направлению действия радиальной силы на водило случайным образом. Обработка исходных данных осуществлялась методом непосредственной схематизации [2].

Статистическими характеристиками законов распределения значений коэффициента $\Omega_{ji\varphi}$ приняты статистические средние $M(\Omega_{ji\varphi})$ и средние квадратические их отклонения $\sigma(\Omega_{ji\varphi})$. Влияние переменных факторов: передаваемой нагрузки Т, углового положения сателлитов φ по отношению к направлению действия радиальной силы и фактора их взаимодействия на изменение значений коэффициента, учитывающего неравномерность распределения нагрузки между сателлитами, устанавливается на основе двухфакторного дисперсионного анализа [3].

Зависимости статистических средних и средних квадратических отклонений значений коэффициента Ωiφ от величин Т и φ, определенные при нагружении планетарного бортового редуктора крутящим моментом и радиальной силой, представлены соответственно на рис. 2 и 3.

Анализ приведенных данных показывает, что на величины статистических средних M(Ωjiφ) оказывает влияние угловое положение сателлита φ по отношению к направлению действия радиальной силы. Максимальные значения M(Ωiφ)max имеют место при φ = 60°, а минимальные - при φ = 240° и составляют M(Ωiφ)max = 1,22…1,32, M(Ωiφ)min = 0,76…0,81. Изменение значений M(Ωiφ) при увеличении крутящего момента от 1000 Н•м до 5000 Н•м в пределах каждого углового положения сателлита φ не превышает 8%. Величины средних квадратических отклонений значений σ(Ωjiφ) коэффициента, учитывающего неравномерность нагружения сателлитов, меняются в пределах каждого уровня нагрузки при изменении углового положения φ не более чем в 1,5 раза. При увеличении крутящего момента от 1000 Н•м до 5000 Н•м величины σ(Ωiφ) уменьшаются в среднем в 2,8 раза.

Значения M(Ωiφ) > 1 имеют место при изменении углового положения сателлита по отношению к направлению действия радиальной силы от -20° (340°) до 160° по направлению часовой стрелки относительно линии действия радиальной силы (смотреть со стороны

входного вала), а значения M(Ωiφ) < 1 имеют место при φ = 160°-340°. Это объясняется тем, что при нагружении водила радиальной силой в зоне от -20°(340°) до 160° между сопряженными зубьями сателлитов и эпициклической шестерни образуются натяги и сателлит воспринимает наибольшие нагрузки, в зоне от 160° до 340° образуются зазоры и сателлиты разгружается [1, рис. 2].

Таким образом, в результате проведенного эксперимента установлено влияние, оказываемое крутящим моментом, радиальной силой, нагружающей водило, а также угловым положением сателлитов по отношению к направлению действия радиальной силы на распределение нагрузки между сателлитами планетарной передачи типа 2K-H. Полученные данные могут быть использованы при расчётах зубчатых колёс на выносливость.

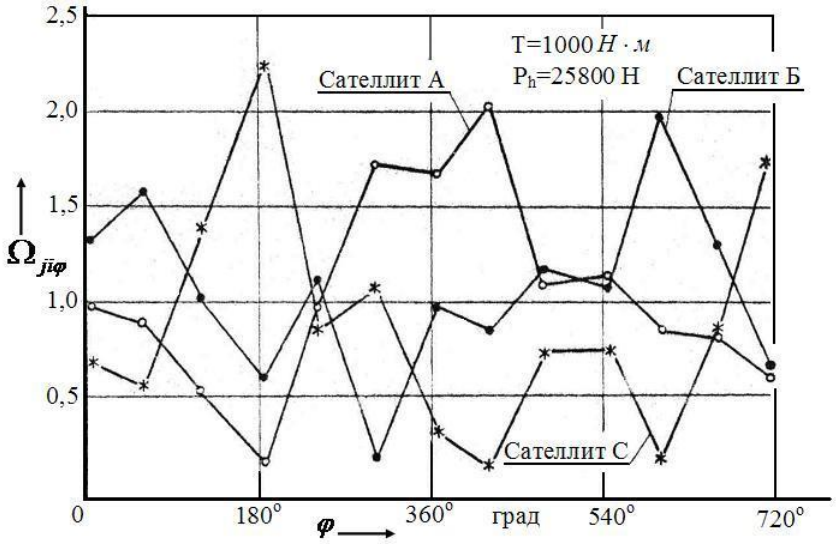


Рис. 1 - Фрагмент машинограммы с реализациями изменений значений коэффициентов, учитывающих неравномерность распределения нагрузки между сателлитами Ωjiφ по углу поворота водила φ

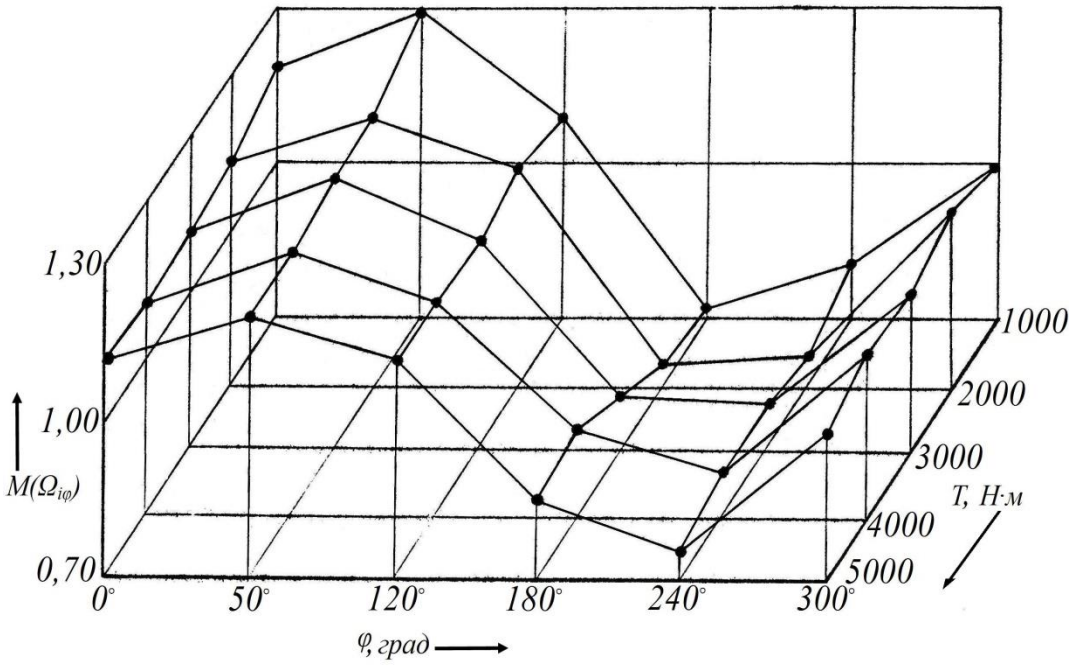


Рис. 2- Зависимость статистических средних значений коэффициентов, учитывающих неравномерность распределения нагрузки между сателлитами M(Ωiφ) от величины крутящего момента T и угла поворота сателлитов φ относительно направления действия радиальной силы

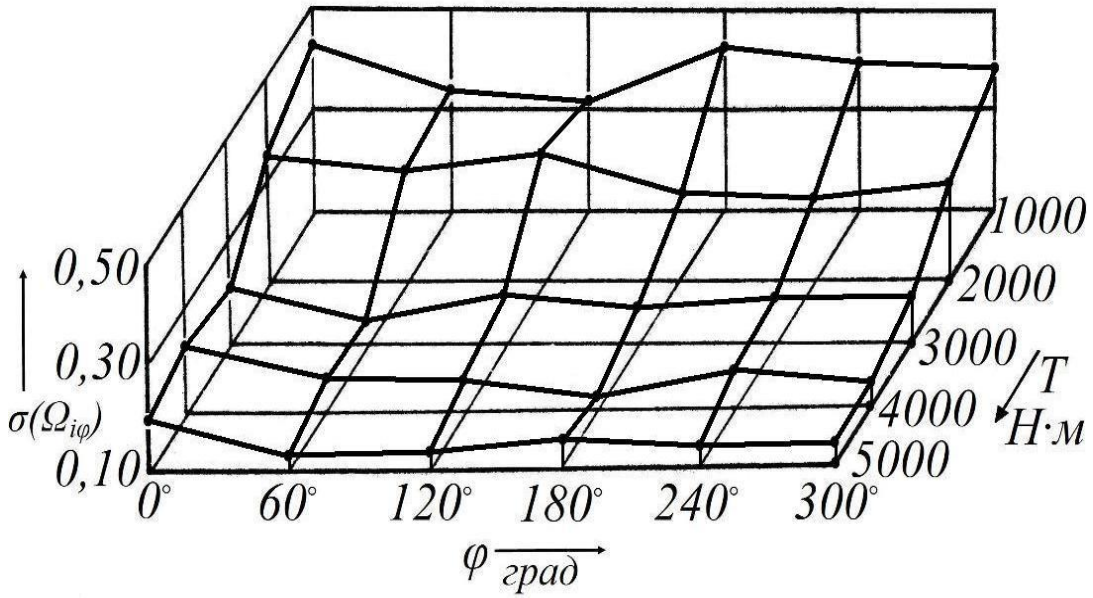


Рис. 3- Зависимость средних квадратических отклонения значений коэффициентов, учитывающих неравномерность распределения нагрузки между сателлитами M(Ωiφ) от величины крутящего момента T и угла поворота сателлитов φ относительно направления действия радиальной силы.

Список литературы

1. *Горгоц К.Г.* Влияние радиальной силы на зазоры в зацеплениях зубчатых колёс планетарных передач типа 2К-Н бортовых редукторов транспортно-технологических машин. Научно-технический вестник Поволжья. Казань, №5, 2014г. – 392 с. (стр.165-169).

2. ГОСТ 23604 «Надёжность в технике. Статистическая оценка нагруженности машин и механизмов. Методы обработки данных о нагруженности. Общие положения». Введ. 26.04.1979. М.: Изд-во стандартов, 1979. 23 с.

3. *Пустыльник Е.И.* Статистические методы анализа и обработки наблюдений. – М.: Наука, 1968. – 288 с.

05.02.00

А.Г. Дранаева канд. хим. наук, Л.Я. Конощук, Я.В. Васильева, Е.И. Кондакова

Якутская ГСХА

РЕГУЛИРОВАНИЕ СТЕПЕНИ АЭРАЦИИ В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Рассмотрено обеспечение культур микроорганизмов кислородом в промышленных условиях за счет пропускания воздуха через культуральную жидкость с одновременным перемешиванием. Этот метод позволяет регулировать степень аэрации и учитывать ее количества,происходит обеспечение равномерного распределения кислорода в культуральную жидкости по всему объему ферментатора.

Ключевые слова: *культуральная жидкость, концентрация субстрата, растворимость кислорода.*

В случае недостаточного перемешивания при непрерывном культивировании возникают застойные зоны, что приводит к появлению неконтролируемых локальных участков в ферментере с отличным от необходимых параметров условиями роста микроорганизмов. Популяция полученных при этом клеток будет сильно гетерогенной. Например, при слабом перемешивании аэробных культур контакт между кислородом воздуха и жидкой средой недостаточен, поэтому в некоторых участках ферментера могут создаться почти анаэробные условия, что будет лимитировать рост культур. Если культивируют факультативно-анаэробные микроорганизмы, то дыхательные характеристики разных клеток популяции могут сильно отличаться, что ведет к снижению выхода биомассы.Транспорт кислорода зависит от растворимости газа в жидкой фазе, от мощности барботажа, размера пузырьков, скорости вращения вала и формы мешалки, химического состава питательной среды, температуры, толщины невозмущаемых слоев жидкости вокруг газового пузырька и клетки и др [1,3].

В зависимости от отношения микроорганизмов к молекулярному кислороду, их принято делить на облигатные аэробы, факультативные анаэробы и облигатные аэробы [1,3,4]. Большинство микроорганизмов являются облигатными аэробами и для их роста обязательно необходим молекулярный кислород.

При давлении 0,1 МПА и температуре 30℃ в 1 литре дистиллированной воды максимальное количество растворенного кислорода составляет 7,63 мг. В реальной питательной среде максимальная растворимость кислорода еще ниже и составляет 2…5 мг/л. С повышением в питательной среде концентрации питательных веществ, pH и температуры, растворимость кислорода уменьшается. Запасы кислорода в среде способны поддерживать жизнедеятельность микроорганизмов в течение 0,5…2 мин.

Известно, что в условиях аэробиоза при понижении концентрации растворенного в среде кислорода до 0,5…1 мг/л, считающейся критической, размножение дрожжей почти прекращается [1,2,3].

Удельная скорость роста микроорганизмов определяется по зависимости, выявленной Моно в 1942 году [3,4,5]:

$$M=M_maxS/(S+K_s) \quad (1)$$

Где M_мах- максимально возможная скорость роста,

Ks - константа Моно, или константа насыщения. Она численно равна той остаточной концентрации лимитирующего субстрата, которая, ограничивая рост, замедляет его вдвое;

S - концентрация субстрата.

Концентрация субстрата в ферментаторе определяется по формуле:

$$S=K_s/(M_max-D), \quad (2)$$

где D - скорость разбавления в среде.

D равняется M при постоянных параметрах процесса.

Концентрация биомассы в ферментаторе в стационарном состоянии:

$$X=Y\ (S_r-S)=Y[S_r-K_s\ /(M_max-D)], \quad (3)$$

где X - концентрация клеток:

Sr - концентрация субстрата в поступающей среде;

Y - экономический коэффициент, или доля потребляемого субстрата, затраченная на синтез биомассы.

Экономический коэффициент определяется по виду:

$$Y=M_б/M_c\ *100\%, \quad (4)$$

где Мб - масса образованного продукта;

Мс - масса израсходованного субстрата.

Перемешивание культуральной жидкости способствует равномерному распределению питательных веществ и перемешиванию (транспорту) их к клеткам, способствует удалению от клеток микроорганизма продуктов обмена и лизиса, с также обеспечивает равномерное распределение кислорода в культуральную жидкости по всему объему ферментатора. всем облигатным аэробам в качестве акцептора электронов необходим молекулярный кислород.

Для бактерий, растущих на агаре или в тонких слоях жидкости в присутствии воздуха, кислорода обычно вполне достаточно. В жидких средах при большом объеме жидкости аэробные бактерии могут расти только на поверхности, т.к. в более глубоких слоях по мере удаления от поверхности условия приближаются к анаэробным.

Для нормального роста аэробных микроорганизмов в глубоких слоях жидкой культуры, т.е. в тех условиях, которые и создаются в ферментерах и реакторах, требуется аэрация. Микроорганизмы способны использовать только растворенный кислород.

В то время как минеральные соли и органические вещества можно добавлять к среде в концентрациях, обеспечивающих рост бактерий на протяжении нескольких часов и даже жней, с молекулярным кислородом этого сделать нельзя, т.к. растворимость его очень мала. Литр воды, например, находящийся при температуре 20о содержит всего лишь 6,2 мл или 0,28 моль O2 . Такого количества достаточно для окисления не более 8,3 мг, или 0,046 ммоль глюкозы (т.е. примерно одной тысячной общего количества глюкозы, содержащейся в обычных питательных средах). Поэтому в среде невозможно создать значительный запас O2 – кислород приходиться добавлять непрерывно.

Таким образом, биотехнологическое управление процессом метобализма в микробной популяции при широкомасштабном производстве ветеринарно-медицинских биопрепоратов на этапе получения биомассы должно быть направлено на обеспечение оптимальных условий для роста и размножения конкретного микроорганизма При всем разнообразии микробиологических подходов (способов) и биотехнологических решений, эффективность биопроизводства на этапе промышленного получения биомассы или продуктов метаболизма микрообганизмов в современных условиях в основном зависит [1,2]:

1. От оптимальности для рода микроорганизмов питательной среды и производственного контроля за ее изменениями;
2. От оптимальности параметров внешней среды абиотических факторов контроля за их изменением;
3. От правильности выбора вида (конструкции) биореактора и варианта культивирования микробов, обеспечивающих максимальность накопления биомассы в питательной среде, обеспеченностью подвода кислорода.

Список литературы

1. *Батищев, А.Н.* Методологические основы обоснования рационального способа восстановления деталей // Механизация и электрификация сельского хозяйства.-1992.-№ 9.-с.30-31.

2. *Безрядина, Г.Н.* Синтез алгоритмов управления в условиях конкурентного взаимодействия популяций микроорганизмов: (На прим. дрожжевого производства). Автореф. дис… канд. техн. наук: 05.13.16, 05.13.07. – Воронеж: ВГТА, 1997. – 16 с.

3. *Кокиева, Г. Е.* Исследование аппарата для культивирования микроорганизмов / Г. Е. Кокиева // Научно-технический вестник Повол-жья. – 2014. – № 4. – С. 123-125.

4. *Кокиева Г.Е.* Кормовые дрожжи как биологически активная добавка в кормлении сельскохозяйственных животных // Матер. регион. науч.- практ. конф. «Пищевые технологии, качество и безопасность продуктов». – Иркутск: Изд-во ИТУ, 2006 .

5. *Кокиева Г.Е.* Кормовые дрожжи как источник белка и витаминов // Матер. науч. конф. «Научный и инновационный потенциал Байкальского региона глазами молодежи».- Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2006.

05.02.00

О.В. Исламова канд. техн. наук, А.З. Токов

Кабардино-Балкарский государственный университет им.Х.М. Бербекова,
Нальчик, islamova_81@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НОЖА ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ В СИСТЕМЕ SOLIDWORKS

В статье приведены результаты компьютерного моделирования напряженно-деформированного состояния ножа измельчителя мясного сырья. Разработаны трехмерные модели подвижных крестообразных ножей с различным углом заточки и определены напряжения в системе пространственного моделирования SolidWorks. Определены зависимости напряжений на кромке ножа и перемещений ножа от угла заострения.

Ключевые слова: *нож, решетка, моделирование, угол заточки, напряжение, энергоэффективность.*

Технологический процесс измельчения мясного сырья при производстве колбасных изделий является главным фактором, влияющим на качество фарша и выход готового продукта. Эффективность технологического процесса во многом зависит от геометрических параметров режущего узла, а именно от угла заточки ножа. Оптимальной, с точки зрения энергоэффективности, является клинообразная форма лопасти во всех поперечных сечениях [1].

Цель исследования: анализ напряженно-деформированного состояния на основе метода конечных элементов (МКЭ) для подбора оптимального угла заточки ножа

Разработаны трехмерные модели подвижных крестообразных ножей с различным углом заточки и определены напряжения в системе пространственного моделирования SolidWorks, которая использует критерий максимального напряжения по Мизесу (von Mises), также известный как теория энергии формооразования. Теория утверждает, что пластичный материал начинает повреждаться в местах, где напряжение по Мизесу становится равным предельному напряжению. В большинстве случаев, предел текучести используется в качестве предельного напряжения. Эквивалентное напряжение $\sigma_{vonMises}$ в некоторой точке тела рассчитывается по формуле:

$$\sigma_{vonMises} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}},$$

где σ_1, σ_2, σ_3 – главные напряжения.

В качестве материала ножей выбрана инструментальная углеродистая сталь У8А. В настоящее время в отечественной промышленности она является самым распространенным материалом для изготовления ножей и решеток промышленных измельчителей.

Для базирования ножа в измельчителе используется центральное посадочное отверстие, ступень шнека, с одной стороны, и решетка, с другой. Вращающийся лепесток ножа непрерывно преодолевает сопротивление измельчаемой среды. И это сопротивление тем больше, чем больше площадь максимального продольного сечения лепестка, измеренная в плоскости, нормальной к рабочей поверхности решетки. В работе участвуют не только режущая кромка и лезвие, но и другие поверхности, так как они имеют контакт с измельчаемым продуктом и решеткой. Силы, действующие на лепесток в процессе вращения ножа, изображенные на рисунке 1 [2,3].

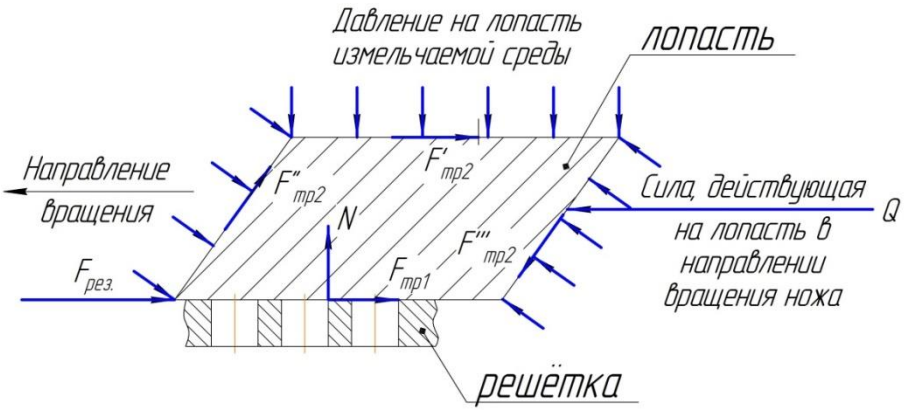


Рис. 1– Силы, действующие на лепесток в процессе вращения ножа ($F_{тр1}$ – сила трения между лопастью и решеткой; $F'_{тр2}$, $F''_{тр2}$, $F'''_{тр2}$- силы трения между лопастью и измельчаемым продуктом; $F_{рез}$ – сила, необходимая для отрезания кусочка от обрабатываемого продукта; Q – сила, действующая на лопасть в направлении вращения ножа)

Давление на лопасть измельчаемой среды, создаваемое подающим шнеком перед режущим механизмом достигает величины 0,3 МПа. Величины усилий резания мышечных волокон, приведённые к единице длины режущей кромки, соответственно равны с углом заточки 90° - 3850 Н/м, 70° - 3520 Н/м, 50° - 3150 Н/м, 30° - 2680 Н/м, 15° - 2170 Н/м [4]. Сила трения между лопастью и решеткой равна 3 кН. Сила трения между лопастью и измельчаемым продуктом на передней части ножа равна 36кН. Сила трения на основании клина, зависит от угла трения на скосе клина. Для угла трения 90^o – 665 Н, 50^o – 506 Н, 30^o – 333 Н, 15^o – 173 Н.

Для проведения анализа напряженного состояния ножей с различным углом заточки (90°, 70°, 50°, 30°, 15°) их модели были разбиты на конечные элементы в виде сетки (рис. 2), ребра которых составляли 0,135 мм.

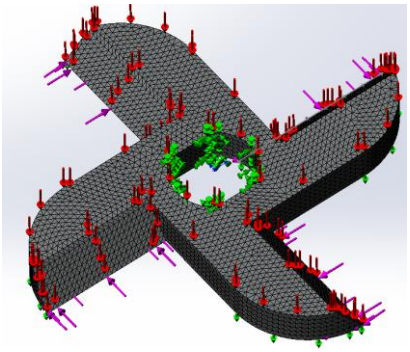


Рис. 2– Модель ножа, разделенная на конечные элементы

Для определения характера распределения напряжения, на кромке ножа были выставлены датчики с шагом 4 мм (рисунок 3).

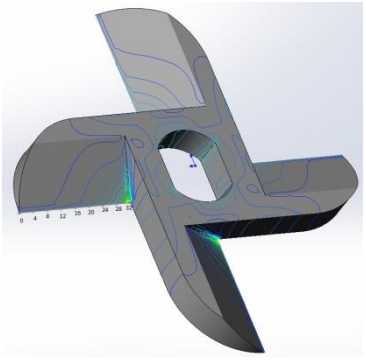


Рис.3– Расположение датчиков на режущей кромке ножа

По результатам полученных показаний датчиков построены графики зависимостей напряжений на кромке и перемещений ножа от угла заточки (рисунок 4).

Из рисунка 4 видно, что напряжения, возникающие в ноже, возрастают с увеличением угла заострения. Максимальные напряжение возникают на основании лезвии ножа, но не превышают предел текучести металла. К граничному значению наиболее близки ножи с углами заточки 90° и 70°. Максимальные перемещения ножа находятся на кромке лопастей и достигают 0,045 мм для ножа с углом заточки 90°.

В результате исследований можно сделать вывод, что угол заострения крестообразного ножа измельчителя оказывает значительное влияние на процесс измельчения. С уменьшением угла заострения ножа уменьшаются потребные силы на процесс резания. Кроме того, с уменьшением угла заточки нож приобретает форму, которая более благоприятно влияет на процесс прохождения ножа через сырье подаваемое шнеком под давлением.

С точки зрения энергоэффективности процесса измельчения пищевого продукта, лопасть подвижного ножа должна иметь форму классического клина во всех поперечных сечениях. Причем, угол заострения α при вершине клина должен быть не более 30^{o}.

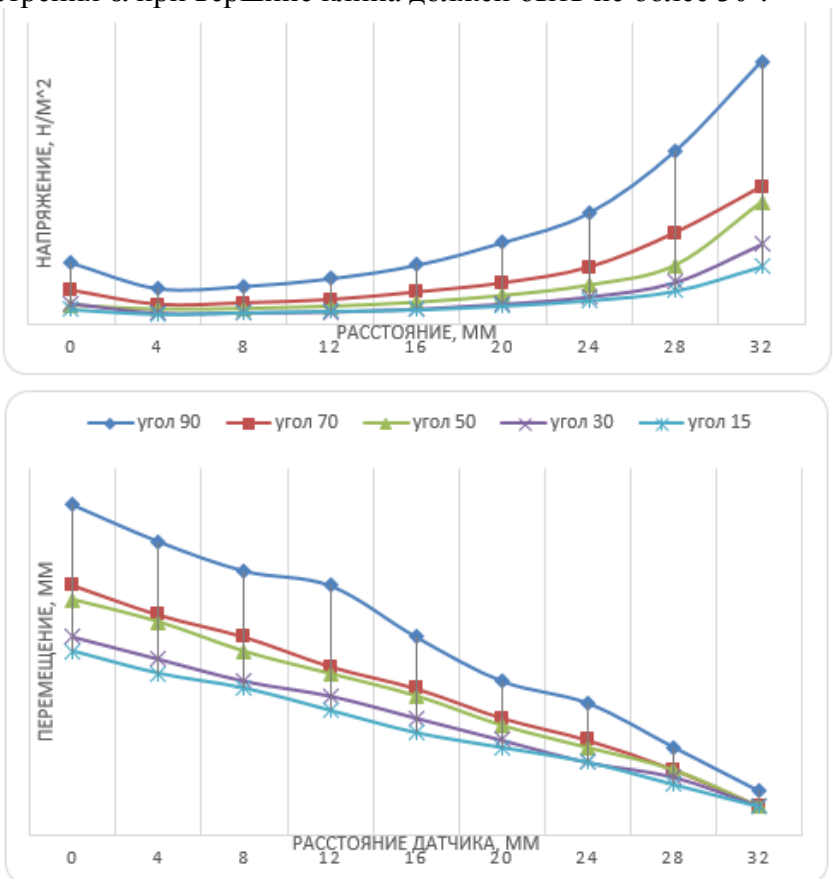


Рис. 4 – Зависимость напряжений на кромке и перемещений ножа от угла заточки

Также можно сделать вывод, что наибольшие усилия испытывающие ножами связаны с трением в контакте с решеткой.

С целью уменьшения затрат энергии на работу, совершаемую силами трения, возникающими между лопастями подвижного ножа и решеткой, необходимо исключить наличие контактных площадок между ними и реальный контакт осуществлять только по режущим кромкам подвижного ножа. Поверхность ножа, контактирующая с поверхностью решетки, следует затачивать под определенным углом (например, 2…3^{o}).

Конструктивные размеры клина должны быть определены на основании расчётов на прочность и жёсткость. Подвижные ножи в промышленных измельчителях перетачиваются не менее трех-четырех раз за период их эксплуатации и это обстоятельство должно быть учтено при разработке конструкции ножа.

Список литературы

1. *Батыров У.Д., Атаев П.Л., Карданов Т.Х., Токов А.З.* Повышение эффективности и качества работы измельчителей пищевых продуктов. // Качество. Инновации. Образование. 2015. № 2. С. 225-227.

2. *U. D. Batyrov, P. L. Ataev, O.V. Islamova, A. Z. Tokov, T. H. Kardanov.* Upgraded Rotary Cross-shaped Food Shredder Knife / 2017 IEEE Conference on Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies, IT and MQ and IS 2017. R 301-303

3. *U. D. Batyrov, P. L. Ataev, O.V. Islamova, A. Z. Tokov.* Research of Ways of Preserving the Quality of Grinded Food Products in the Process of Grinding / 2017 IEEE Conference on Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies, IT and MQ and IS 2017. P 304-306

4. *Кузьмин В. В.* Совершенствование процесса резания мясного сырья на основе математического моделирования формы режущих инструментов: дис. канд. техн. наук: 05.18.12 / Кузьмин Вячеслав Владимирович. - Санкт-Петербург, 2008.- 129 с.

05.02.00

А.К. Корякин канд. техн. наук, Д.М. Ноев, Ч.Г. Машиев канд. педагог. наук, С.В. Степанова, К.К. Горохов, Т.П. Горохова

Якутская ГСХА

РЕЗЕРВНАЯ МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Базовые расчеты проводятся для отладки и проверки на практическую реализацию предложенного метода технико-экономического сравнения вариантов, исследования структурных и функциональных зависимостей показателей сравниваемых показателей вариантов электроснабжения. В процессе расчета определяются основные факторы на критериальные величины, а также основные технико-экономические показатели вариантов.

Ключевые слова: *электроснабжение, электроэнергия, техническое развитие, универсальность, комфортность жизни населения.*

В новых условиях социально-экономического и политического развития, при переходе к рыночным методам регулирования возрастает роль регионального звена в системе управления энергетикой. Основой электроснабжения постоянно проживающего населения и традиционных потребителей Севера на большой части территории региона являются малые формы электроснабжения, базирующиеся не децентрализованных источниках электрической энергии. Вопросам формирования и управления развития систем высших иерархических уровней (ОЭЭС и ЕЭЭС) уделено значительное внимание и дано широкое освещение. Высшему уровню иерархии соответствуют энергетический комплекс (ЭК) зоны Севера и входящие в него регионы и территориальные зоны (административные районы). На этом уровне иерархии выделяется задачи :

- исследование внешних связей энергетики с экономикой, социальной и природной средой региона; формирование стратегий (сценариев) развития энергетики региона, исходя из задач и приоритетов социально-экономического развития;
- прогнозирование и оптимизация уровней, структуры и режимов энергопотребления с обоснованием рациональных энергоносителей, глубины электрификации отраслей народного хозяйства и внедрения энергосберегающих технологий; Задачам развития региональных электроэнергетических систем уделяется значительно меньше внимания , тем более системам энергоснабжения северных территорий. Общие принципы развития и функционирования энергетического хозяйства районов Севера при учете отмеченных выше особенностей, обусловливают структуру задач исследования энергоснабжающих систем региона по иерархическим уровням.

При составлении затрат, следует учесть наличие некоторой зоны, обусловленной точностью исходных данных, в пределах которой варианты могут быть равноэкономичными [1,2,5]. Равноэкономичными считаются варианты, отличающиеся по затратам до 5%. В условиях Севера точное определение исходных данных представляет большую сложность, особенно в условиях несбалансированности цен, поэтому предел равной экономичности вариантов экспертным путем расширен на до 15%.

В пределах зоны равной экономичности выбор вариантов производится исходя из дополнительных критериев и оценок тех качеств варианта, которые не могут быть исчислимы в стоимостном выражении. К ним относятся перспективность варианта, удобство эксплуатации, наличие серийно выпускаемого оборудования и т.д. В новых условиях развития все большее внимание уделяется системе натуральных показателей, снижение себестоимости и капиталоемкости, повышение производительности труда. В качестве дополнительных критериев к общепринятому рассматривается капиталоемкость,

трудоемкость и эксплуатационные затраты. Наряду с ними целесообразно применять экологические, социальные критерии, а также критерии энергетических затрат [3,4]. Территория районов Севера неоднородна по условиям формирования и развития СЭС, что в значительной степени объясняет многообразие форм электроснабжения.

Одним из основных условий при сопоставлении схем электроснабжения является принцип равной надежности вариантов. Приведение вариантов электроснабжения к равной надежности целесообразно рассматривать в технико-экономическом смысле путем выявления необходимой мощности дополнительного генерирующего оборудования для вариантов, неудовлетворяющих требованием по надежности. Рассмотрим методику сопоставления, основанную на приведении вариантов к одинаковому индексу надежности за счет выявления дополнительной установленной резервной мощности, которая более подробно изложена в работе. В качестве расчетного случая принимается электростанция, имеющая – n генерирующих агрегатов единичной мощностью Nбл (типичное исполнение ДЭС, ГТЭС и АТЭЦ для районов Севера). Для приведения к сопоставимому виду принимается в качестве расчетного показателя нормированный индекс надежности как вероятность обеспечения заданной потребности в генерирующей мощности – Ррасс. Для этого необходимо определить требуемую величину дополнительно установленной мощности Nрез. Доп. Принимается, что дополнительная мощность наращивается агрегатами того же типа, что устанавливаются на электростанции.

Расчетная дополнительная резервная мощность определяется как [2] :

$$N_{\text{рез.расч.}\partial} = m\,N_{\text{бл}} + N_{\text{бл.}\partial} \quad (1)$$

Где m – количество агрегатов на электростанции обеспечивающих индекс надежности меньше расчетного

$$N_{\text{бл.}\partial} = N_{\text{бл}}\,\frac{F_{\text{расч}} - \Phi(mN_{\text{бл}})}{\Phi(m+1)N_{\text{бл}} - \Phi(mN_{\text{бл}})} \quad (2)$$

Дополнительная мощность обеспечивающая заданный индекс надежности

$N_{\text{бл}}$ – Мощность блока

$\Phi(\text{m}N_{\text{бл}})$ – вероятность того, что аварийно отключенная мощность не более $(\text{m}N_{\text{бл}})$ (функция распределения отключенной мощности).

Тогда, дополнительные приведенные затраты на создание резервной мощности, обеспечивающей расчетный индекс надежности рассчитываются по формуле

$$З_{\text{рез.доп}} = (\text{E}_{\text{н}} + \partial)\,\text{K}_{\text{у}\,\partial}\,\text{N}_{\text{рез.рач.}\partial} \quad (3)$$

Где $\text{K}_{\text{у}\,\partial}$ – удельные капиталовложения на установку дополнительной генерирующей мощности на станции;

$\text{E}_{\text{Н}}, \partial$- нормативный коэффициент сравнительной эффективности, коэффициент отчислений

Исследуя результаты расчетов по определенным совокупностям условии функционирования вариантов проводится анализ областей эффективности вариантов электроснабжения, определяются условия (значения парамеров) при которых эффективны альтернативные варианты электроснабжения.

Предложенный подход к исследованию эффективности вариантов изолированной и объединенной работы энергоузлов может применяться при совпадении двухузловых схем, где под узлами (при определенных условиях) могут пониматься как узлы низшего уровня развития систем электроснабжения (ИЭУ), так и в высших иерархиф развития систем.

Список литературы

1. *Карпов, С.А.* Имитационная модель для оценки вероятности обслуживания потребителей в энергосистемах // Техническая электродинамика.-1992.-№2.-С.83-88.
2. *Корякин, А.К.* Методический подход к исследованию эффективности применения электроэнергии для целей теплоснабжения. Ин-т физ.-техн.проблем Севера ЯНЦ СО РАН. Якутск, 1993.-19с. Деп в ВИНИТИ 09.13.93. №3042-В93.
3. *Лоскутов А.Б., Соснина Е.Н. и др.* Разработка и создание типового ряда трансформаторно-тиристорных регуляторов напряжения и мощности с расщепленной первичной обмоткой трансформатора и ключами однонаправленного тока. Этап 2: Разработка технического проекта ТТРНМ ОТ. Промежуточный научно-технический отчет (ГК от 11.10.2011 № 16.526.12.6016). Н.Новгород: НГТУ, 2012. 48 с
4. *Медведева, Е.А., Никитин, В.М.* Энергопотребление и уровень жизни.-Новосибирск: Наука, 1991.-136с.
5. *Советов, Б.Я.* Моделирование систем: учеб. для вузов/Б.Я.Советов, С.А.Яковлев. –3-е изд.,перераб. и доп.–М.: Высш. шк., 2001. –343с.

05.02.10

[1]М.А. Кузнецов канд. техн. наук, [1]М.А. Крампит, [1]Д.П. Ильященко канд. техн. наук, [2]А.Г. Крампит д-р техн. наук, [3]Н.В. Павлов

[1]Юргинский технологический институт (филиал)
Томского политехнического университета,
отделение промышленных технологий,
Юрга, kyznechik_85@mail.ru,
[2]АО НПП "Исток им. Шокина",
Москва, akrampit@mail.ru,
[3]Юргинский техникум машиностроения и информационных технологий,
Юрга, akrampit@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ЭЛЕКТРОДУГОВОГО ПОСЛОЙНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

В работе представлены результаты влияния режимов электродугового послойного выращивания на геометрические параметры выращенного валика, показаны результаты определения оптимальных режимов электродугового послойного выращивания.

Ключевые слова: *электродуговое послойное выращивание, оптимальные режимы.*

При традиционных методах постановки эксперимента предусматривалось фиксирование на принятых уровнях всех переменных факторов, кроме одного, значения которого определенным образом изменяли в заданном диапазоне его варьирования (однофакторный эксперимент); это требовало постановки очень большого числа опытов, многие из которых впоследствии оказывались ненужными, так как выполнялись в далекой от оптимальной области. При этом считалось, что математические методы следует использовать только на последней стадии исследования при математической обработке их результатов [1].

При многофакторном оптимальном планировании экспериментов математические методы используются на всех стадиях научного исследования, в том числе при постановке задачи и построении плана выполнения совокупности экспериментов.

Одним из достоинств математического планирования многофакторных экспериментов является достаточно четкое последовательное распределение выполняемых операций [2].

При планировании по схеме многофакторного эксперимента реализуется все возможные комбинации факторов на всех выбранных для исследованиях уровнях [2].

Задача данного исследования – определение оптимального режима электродугового послойного выращивания.

Для процесса электродугового послойного выращивания факторами, влияющими на геометрические параметры выращиваемого валика, являются:

- сила сварочного тока, А;
- напряжение на дуге, В;
- скорость выращивания, мм/мин.

Оптимизация режима электродугового послойного выращивания была проведена по следующим параметрам:

1. Высота усиления валика g (мм)
2. Ширина валика e (мм)

При планировании исследований была использована идея факторного планирования [3, 4, 5]. Главным условием факторного планирования является обеспечение ортогональности используемого «латинского (магического) квадрата» (факторный эксперимент) [6, 7].

Далее были проведены эксперименты по влиянию режимов электродугового послойного выращивания на геометрические параметры выращиваемого валика. При проведении

экспериментальных исследований по определению оптимального режима электродугового послойного выращивания была произведена MIG-наплавка в среде углекислого газа проволокой Св-08Г2С диаметром 0,8 мм. Для этого к разработанному 3-d принтеру в качестве источника питания и подающего механизма было подключено стандартное сварочное оборудование и разработанный модулятор, обеспечивающий подогрев сварочной проволоки.

На каждом образце для определения геометрических параметров выращенного валика изготовлены поперечные шлифы. При изготовлении шлифов использовались механическая шлифовка, механическая полировка на алмазной пасте и химическое травление в растворе ($HCl+HNO_3+H_2O$). Внешний вид поперечного шлифа выращенного валика представлен на рисунке 1.

Рис. 1 – Поперечный шлифы выращенного валика

Определение геометрических параметров выращенного валика производилась измерением ширины валика и высоты усиления валика, по методике представленной на рисунке 2.

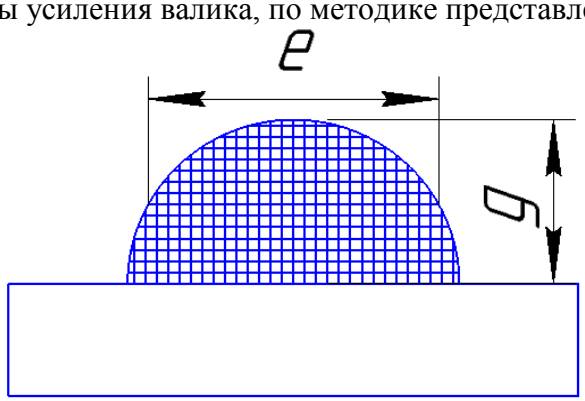


Рис. 2 – Схема проведения замеров

В качестве компьютерного продукта выбрана программа «Компас 3D-V16» фирмы «АСКОН», так как это постоянно совершенствующая система автоматизированного проектирования, максимально настроенная под российские стандарты. Эта программа также предъявляет минимальные требования к компьютеру, быстро устанавливается и отличается высокой эффективностью и производительностью.

Для нахождения оптимального режима электродугового послойного выращивания определяли функцию *f* из выражения:

$$f = \frac{g}{e} \quad (1)$$

Для обеспечения качественного выращенного валика функция *f* должна стремиться к 1 при условии, что параметр *e* должен стремиться к минимуму. Соблюдение данных параметров позволит получать пропорциональный валик, что в дальнейшем даст возможность получать изделия с более точными размерами, что сократить время дальнейших операций технологического процесса, например механической обработки.

Следовательно, оптимальным режимом электродугового выращивания будет такой при, которых функция *f* будет ≈1 (рис.3).

$$f = \frac{g}{e} \approx 1 \quad (1)$$

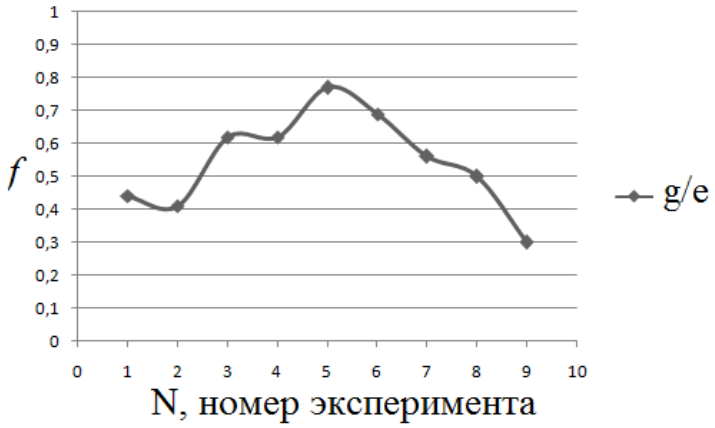


Рис. 3 График отношения высоты усиления валика к ширине валика

На основе проведенного многофакторного эксперимента по определению оптимального режима электродугового послойного выращивания были получены оптимальные режимы выращивания, при которых значение функции f составило 0,77. Оптимальные режимы электродугового послойного выращивания представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Оптимальный режим электродугового послойного выращивания.

Сила сварочного тока, А	Напряжение на дуге, В	Скорость выращивания, мм/мин.
70-80	20-23	300

Выводы:

1. По результатам многофакторного эксперимента установлено, что оптимальным режимом электродугового послойного выращивания являются следующие параметры: сила сварочного тока 70-80 А; напряжение дуги: 20-23В, скорость выращивания: 300мм/мин.
2. Определено, что при электродуговом послойном выращивание на оптимальном режиме выполняется первое условие, т.е. f=g/e максимально приближена к 1 и равняется 0,77.
3. Установлено, что при электродуговом послойном выращивание на оптимальном режиме выполняется второе условие, т.е. *e* имеет самое минимальное значение 4 мм.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00036

Список литературы

1. *Березовский Б.М.* Математические модели дуговой сварки: в 7т. Том 1. Математическое моделирование и информационные технологии, модели сварочной дуги и формирования шва. / Б.М. Березовский //. – Челябинск: Из-во. ЮУрГУ, 2002. – 85 с.
2. *Pavlov N.V., Kryukov A.V., Zernin E.A., Polishchuk V.A.* Modeling impulse wire feed welding in controlled gas shielding // Applied Mechanics and Materials. - 2013 - Vol. 379. - p. 183-187.
3. Статистические методы в инженерных исследованиях. / Под ред. Г.К. Круга. М.: Высш. шк., 1983. 216 с.
4. *Налимов В.В., Чернова Н.А.* Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука, 1965. 340 с.
5. *Налимов В.В.* Статистические методы описания химических и металлургических процессов. М.: Металлургиздат, 1962. 61 с.
6. *Федько В.Т., Слистин А.П.* Разработка состава покрытия для защиты поверхности свариваемых изделий от брызг расплавленного металла. // Сварочное производство. 1998. № 6. С.40 – 42.
7. *Федько В.Т., Слистин А.П.* Оптимизация конструкции отсекателя в системе подачи в зону сварки. // Сварочное производство. 1997. № 5. С. 26–28.

05.02.00

[1]Н.К. Лотова канд. педагог. наук, [1]Т.М. Пудова канд. биол. наук, [2]Т.А. Петрова, [2]В.В. Черкашин, [3]А.П. Хамаров

[1]Якутская ГСХА,
[2]Арктический государственный институт культуры и искусств,
[3]Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Создание электронной информационно-образовательной среды вуза обусловлена современными изменениями в экономической и социальной жизни общества, стремительным развитием информационных технологий, изменением рынка труда. В наше время незначительная степень культуры речи считается условием, негативно оказывающим большое влияние на конкурентоспособность профессионалов аграрной области. Цель нашего исследования – актуализация общего состояния языковой подготовки первокурсников сельскохозяйственного высшего учебного заведения и установление требования для формирования языковой и речевой грамотности, где будут пересмотрены компоненты используемых технологий.

Ключевые слова: *инновации, учебный процесс, электронные средства хранения, вычислительная техника.*

Инновации в образовании – вопрос актуальный во все времена, он связан с использованием новых методов и технологий в образовательной системе. Под инновациями мы понимаем нововведения, предназначенные для разрешения проблемных ситуаций с целью обеспечения оптимизации учебного процесса, организации благоприятных условий усвоения материала и повышения качества образования.

Инновационная деятельность во многом определяет направления профессионального роста преподавателя, его творческого поиска, способствует личностному росту студентов. Инновационная деятельность неразрывно связана с научно-методической деятельностью преподавателей и учебно-исследовательской деятельностью студентов. Основной целью инноваций в образовании является развитие преподавателем умений мотивировать действия студента, самостоятельно ориентироваться в получаемой информации, формировать творческое нешаблонное мышление с использованием новейших достижений науки и техники. Технологичность становится сегодня главной характеристикой деятельности преподавателя и означает переход на более высокую ступень организации образовательного процесса. Развиваются технологии – изменяются и требования, предъявляемые к содержанию учебного процесса. В настоящее время мы, преподаватели вузов, должны не столько давать знания, сколько учить студентов учиться, самостоятельно находить источники пополнения знаний. В связи с этим возникла необходимость в новой модели обучения, построенной на основе современных информационных технологий, которые не только облегчают доступ к информации, но и позволяют по-новому построить образовательную систему.

Исходя из этого электронная информационно - образовательная среда всегда была основой любой образовательной системы, и сегодня перед каждым высшим учебным заведением стоит сложная задача, связанная с формированием и развитием новой ЭИОС. ЭИОС в вузе рассматривается сейчас как инновационный процесс создания глобальной инфраструктуры электронных средств хранения, обработки и передачи различного вида информации и стал неотъемлемой частью научно-образовательного процесса, где активно внедряются дистанционные образовательные технологии. Этот процесс предполагает

внедрение средств вычислительной техники и информационно-коммуникационных технологий, система высшего образования сегодня во многом базируется на информационно-коммуникационных технологиях (далее ИКТ). В реализации всех этих задач преподавателям вуза должна помочь учебно-методическое и информационное обеспечение, а также доступ к печатным и электронным образовательным ресурсам (ЭОР). Самые эффективные электронные образовательные ресурсы – мультимедиа ресурсы. В них учебные объекты представлены множеством различных способов: с помощью текста, графики, фото, видео, звука и анимации. Таким образом, используется все виды восприятия; следовательно, закладывается основа мышления и практической деятельности студента. Мультимедиа ресурсы не заменяют преподавателя и учебники, но в то же время создают принципиально новые возможности для усвоения материала.

Внедрение новых информационных технологий в учебный процесс позволяет активизировать процесс обучения, повысить темп занятия, увеличить объем самостоятельной и индивидуальной работы студентов. Сегодня, чтобы процесс обучения был полноценным, необходимо, чтобы каждый преподаватель мог подготовить и провести занятие с использованием различных электронных образовательных ресурсов, потому что использование их способно сделать урок более ярким, увлекательным, насыщенным, более эффективным.

Использование презентации разнообразят занятия, активизируют студентов. Интересно звучит на занятии лекция с использованием мультимедиа проектора, когда лекция сопровождается демонстрацией учащимся красочных схем, для пояснения используются различные звуки, быстрые ссылки на ранее изученный материал. Важно продумать, где и как целесообразно использовать информационные технологии на занятиях.

Современное занятие выгодно отличается от простого занятия, где главными инструментами преподавателя были мел и тряпка. Но для того чтобы занятие было интересным, преподаватель должен владеть современными образовательными технологиями и средствами обучения. Социальные сервисы web 2.0 дают прекрасную возможность моделировать такие занятия. Использование ЭОР повышает наглядность, интерактивность. Это анимированные рисунки и иллюстрации; интерактивные определения, правила, таблицы, учебные тексты; электронные задания, тесты, словари и справочники. Подводя итог, можно сказать, что ЭОР можно использовать на всех этапах занятия и при любой организации учебного процесса. При этом изменяется не только содержание учебного процесса, но и содержание деятельности преподавателя: преподаватель перестает быть просто "репродуктором" знаний, а становится разработчиком новых технологий обучения, что, конечно же, повышает его творческую активность, но и требует высокого уровня методической подготовленности.

Список литературы

1. *Хайне П.* (ред.) Структура ИКТ-компетентности учителей. Рекомендации ЮНЕСКО. М.: ООО МайкрофсофтРус, 2011. 115 с

2. IMSePortfolio Information Model v1.0, A.Jackl, D.Cambridge, IMS/GLC, June 2005 URL: http://www.imsglobal.org/ep/epv1p0/imsep_infov1p0.html.

3. *Захарова И. Г.* Информационные технологии в образовании: Учебное пособие для студ. пед. учеб. заведений. - М.: Издательский центр «Академия», 2003. - 192 с.

4. *Роберт, И.В.* Современные информационные технологии в образовании: дидактические проблемы; перспективы использования. – М.: Школа-Пресс, 1994. – 205с.

5. *Андреев, А. А.* Становление и развитие дистанционного обучения в России / А. А. Андреев // Высшее образование в России. - 2012. - № 10. - С. 106-111.

05.02.00

М.И. Петрова, Н.К. Гаврильева канд. с.-х. наук, М.И. Черкашина, Е.Э. Алексеев, А-С.Г. Егоров, А.Д. Попов

Якутская ГСХА

РАСЧЁТ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА ВНЕДРЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Капитальные вложения новой техники в общем виде определяется как соотношение между затратами и результатами, как итоговый показатель качества экономического развития отрасли, предприятия. Капитальные вложения есть одно из условий научно-технического прогресса и средства для его осуществления и вместе с тем роста производительности труда.

Ключевые слова: *капитальные вложения, экономическая эффективность, расчет, затраты, капитальные затраты, затраты на содержание.*

Повышение эффективности капитальных вложений, новой техники и производства на транспорте, качества перевозок, работ, услуг является закономерностью и условием экономического роста, социально-экономического развития предприятий и отрасли.

Исходные данные для расчёта

Выбор оборудования ведётся путём сравнения эксплуатационных расходов и дополнительных затрат на один и тот же объём производимой продукции. С этой целью составляется таблица, в которой отражается показатели сравниваемого оборудования (таблица 1). Расчёт капитальных затрат

В капитальные затраты включаются:

- покупная стоимость оборудования (С, руб.);
- расходы на доставку (Рд, руб.) и монтаж (Рм, руб.) оборудования;
- стоимость производственной площади, занимаемой оборудованием с учётом площади на проходы и обслуживание.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

Показатели	Единицы измерения	Марка сравниваемого оборудования	
		К6-ФВП-120	КВМ-4,6М
Производительность машины в час	т/ч	2	2
Занимаемая производственная площадь	$м^2$	1,4	1,9
Покупная стоимость	руб.	92000	103000
Мощность электродвигателя	кВт	11	32,2
Время эффективной работы в смену	час	7	7
Число рабочих, обслуживающие одну машину	чел.	1	1
Квалификация рабочих	разряд	4	4
Тарифная ставка	руб.	65,5	65,5
Категория ремонтной сложности		2,5	2,5
Структура ремонтного цикла		ТОООКОООСООО	

В том случае если в технико-экономических показателях отсутствуют сведения о стоимости транспортировки и монтажа оборудования, то можно условно принять: расходы на доставку машины – 10-15%, а на монтаж – 8-10% к оптовой цене машины.

Расходы на доставку и монтаж машины:

К6-ФВП-120

Рд = 92000 * 0,15 = 13800 руб.

Рм = 92000 * 0,1 = 9200 руб.

КВМ-4,6М

Рд = 10300 * 0,15 = 15450 руб.

Рм = 103000 * 0, 1= 10300 руб.

Первоначальная стоимость (Сп, руб.) оборудования определяется по формуле:

$$Сп = С + Рд + Рм \quad (1)$$

Сп = 92000 + 13800 + 9200 = 115000 руб. (КВМ-4,6 М)

Сп = 103000 + 15450 + 10300 + 128750 руб.

При определении размера производственной площади (S,м^2), отводимой для установки данной машины, следует учитывать проходы и проезды, необходимые для обслуживания машины (100% от площади машины).

Стоимость производственной площади (Cs, руб.) рассчитывается по формуле:

$$Cs = S * 2 * Cs1м^2, \quad (2)$$

где 2 – коэффициент, учитывающий проходы и проезды, необходимые для обслуживания машины;

$Cs_{1м2}$ – стоимость 1 м^2 производственной площади, руб.

К6-ФВП-120 Cs = 1,4 * 2 * 35000 = 98000 руб.

КВМ-4,6М Cs = 1,9 * 2 * 35000 = 133000 руб.

Общие капитальные затраты (К, руб.) на внедрение оборудования рассчитываются по формуле:

$$К = Сп + С, \quad (3)$$

К6-ФВП-120 К = 115000 + 98000 = 213000 руб.

КВМ-4,6М К = 103000 + 133000 =236000 руб.

Расчёт эксплуатационных расходов на единицу продукции

Заработная плата рабочих, обслуживающих машину

Для расчёта заработной платы производственного рабочего надо знать норму выработки, норму времени и расценку.

При обслуживании одним или несколькими рабочими одной машины норма выработки (Нв, т.) определяется по формуле:

$$Нв = Пч*Вэф / Р, \quad (4)$$

где Пч – производительность машины в час, т.;

Вэф – время эффективной работы машины за смену при полной нагрузке, ч.;

Р – количество рабочих обслуживающих машину, чел.

По норме выработки определяется норма времени (Нвр, час.) по следующей формуле:

$$Нвр = Тсм / Нв, \quad (5)$$

где Тсм – продолжительность смены, час.

Используя норму времени и тарифную ставку, можно посчитать расценку (Р, руб.) по формуле:

$$Р = Тст*Нвр, \quad (6)$$

где Тст – часовая тарифная ставка, руб.

Расчет нормы выработки представлен в таблице

Таблица 2 – Расчет нормы выработки

Наименование, марка машины	Производительность машины, т/ч	Количество рабочих обслуживающих машину, чел.	Эффективное время работы машины, час	Выработка на одного рабочего в смену, т/ч
К6-ФВП-120	2	1	7	14
КВМ-4,6М	2	1	7	14

На основании расценки рассчитывается заработная плата.

Для определения общей суммы заработной платы рабочих определяют сумму доплат и дополнительной заработной платы и отчислений во внебюджетные фонды.

Дополнительная заработная плата и доплаты рабочих устанавливается в размере 25-30% от расценки. Отчисления во внебюджетные фонды рассчитываются от суммы расценки и дополнительной заработной платы и доплат в размере, установленном законодательством. Данные расчеты отражены в таблице 3.

Энергетические затраты

Сначала необходимо определить потребное количество электроэнергии (Кэ, кВт) по формуле:

$$Кэ = Мэ*Км / Пч, \quad (7)$$

где Мэ – мощность электродвигателя, кВт;

Км – коэффициент использования мощности двигателя – 0,8

К6-ФВП-120 - Кэ = 11 * 0,8 / 2 = 4,4 кВт

КВМ-4,6М - Кэ = 32,2 * 0,8 / 2 = 12,88 кВт

Стоимость энергетических затрат (Сэ) рассчитывается по формуле:

$$Сэ = Кэ * Сэ_{1кВт}, \quad (8)$$

где $Сэ_{1кВт}$ –стоимость электроэнергии за 1 кВт/ч, руб.

К6-ФВП-120 - Сэ = 4,4 * 3,1 = 13,64 руб.

КВМ-4,6М - Сэ = 12,88 * 3,1 = 39,92 руб.

Таблица 3 - Расчёт расходов по заработной плате на единицу продукции

Наименование, марка машины	Норма выработки, т	Норма времени, час	Часовая тарифная ставка, руб.	Расценка, руб.	Дополнительные зарплата и доплата		Отчисления во внебюджетные фонды		Всего заработной платы с отчислениями, руб.
					%	руб.	%	руб.	
К6-ФВП-120	14	0,57	65,5	37,33	30	11,19	30	14,55	63,07
КВМ-4,6М	14	0,57	65,5	37,33	30	11,19	30	14,55	63,07

При сравнении технико – экономических показателей (*наименование машины 1* и *наименование машины 2)* выяснили, что производительность машины марки *(марка)* больше, чем машины марки *(марка),* капитальные затраты, эксплуатационные расходы меньше у *(наименование машины)*. Капитальные затраты окупятся быстрее машины *(марка)*. Следовательно, экономически целесообразно внедрять (*наименование машины).*

Список литературы

1. *Волков, О.И.* Экономика предприятия [Текст]:Учебник. О.И. Волков.- М.: Ин-фра - М, 2011.

2. *Горфинкель, В.Я.* Экономика предприятия. – ЮНИТИ. Москва, 2011.

3. *Кокиева, Г. Е.* Исследование аппарата для культивирования микроорганизмов / Г. Е. Кокиева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 4. – С. 123-125.

4. *Кокиева Г.Е.* Кормовые дрожжи как биологически активная добавка в кормлении сельскохозяйственных животных // Матер. регион. науч.- практ. конф. «Пищевые технологии, качество и безопасность продуктов». – Иркутск: Изд-во ИТУ, 2006 .

5. *Кокиева Г.Е.* Кормовые дрожжи как источник белка и витаминов // Матер. науч. конф. «Научный и инновационный потенциал Байкальского региона глазами молодежи».- Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2006.

05.02.11

П.В. Писарев канд. техн. наук, А.Н. Аношкин д-р техн. наук, В.А. Ашихмин

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
аэрокосмический факультет,
кафедра механики композиционных материалов и конструкций,
Пермь, pisarev85@live.ru

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ МОДЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ОБРАЗЦОВ С ВНЕДРЕННЫМИ ПЬЕЗОАКТУАТОРАМИ

Настоящая работа посвящена расчетному исследованию напряженно-деформированного состояния (НДС) слоистых модельных образцов, выполненных из полимерных композиционных материалов (ПКМ). со встроенными пьезоактуаторами, при различных уровнях подаваемого управляющего электрического напряжения. Выявлены основные закономерности и механизмы управления геометрией (деформацией) слоистых ПКМ с помощью встроенных пьезоактуаторов.

Ключевые слова: *конструкция с управляемой геометрией,порлимерные композиционные материалы, пьезоактуаторы, метод конечных элементов, численное моделирование.*

В последнее время в авиационной технике наблюдается тенденция применения SMART конструкций с управляемой геометрией. Это позволяет существенно повысить эксплуатационные характеристики воздушных судов за счет снижения виброакустической нагруженности высоконагруженных элементов, таких как крыло самолета или вертолетные лопасти [1]. Разработка SMART конструкций из ПКМ, оснащенных пьезоактуаторами, с одной стороны позволят снизить вес конструкции, а с другой стороны позволят исключить механические приводы и автоматы перекоса, что существенно сократит стоимость обслуживания конструкций с управляемой геометрией и расход топлива воздушных судов.

С наибольшей эффективностью SMART конструкции могут применяться при создании авиационных крыльев с изменяемой геометрией, что позволит оптимально приспосабливаться к аэродинамическим параметрам воздушного потока [2]. Рассматривается применение SMART-технологий к демпфированию колебаний лопастями вертолета. В настоящее время рассматривается возможность применения SMART-технологий при создании лопаток вентилятора и спрямляющего аппарата авиационного двигателя.

Вместе с тем, для успешного решения задач снижения вибрации в авиационной технике с применением SMART материалов, возникает необходимость в проведении комплексных, многопараметрических расчетно-экспериментальных исследований связанных электромагнитоупругих процессов в композиционных материалах с внедренными пьезоактуаторами.

Объектами настоящего исследования являются модельные четырехслойные углепластиковые образцы со схемой армирования $[0^o/90^o]$ и оснащенными изгибными пьезоактуаторами с различным расположением (верхнее, среднее, нижнее). В рамках вычислительных экспериментов исследуется механическое поведение образцов при различных уровнях подаваемого на пьзоактуатор управляющего напряжения. Для описания обратного пьезоэлектрического эффекта в рамках разработанной математической модели предложено использовать термо-пьезоэлектрическую аналогию между пьезоэлектрическими и термоиндуцированными деформациями.

Аналогия позволяет перейти от необходимости решения связанной краевой задачи электроупругости к решению существенно более простой несвязанной краевой задачи термоупругости и основана на гипотезе об инвариантности электрического, в общем,

неоднородного поля в пьезоэлементе (возникающего от действия управляющего электрического напряжения на его электродах) к деформационным полям внутри объема пьезоэлемента и, как следствие, к деформированию конструкции, на поверхности которой закреплен пьезоэлемент (пьезоактуатор), т.е. гипотеза предполагает наличие в пьезоэлементе «обратного пьезоэлектрического эффекта» при отсутствии «прямого пьезоэлектрического эффекта». Такое предположение допустимо, для случаев, когда «управляющая» составляющая электрического поля в пьезоэлементе, обусловленная действием управляющего электрического напряжения $U_{упр}$ на электродах пьезоэлемента, существенно больше «деформационной» составляющей электрического поля, обусловленной «прямым пьезоэлектрическим эффектом» от воздействия появляющихся и изначально неизвестных существенно неоднородных деформационных полей в пьезоэлементе. Отметим, что неоднородность деформационных полей в объеме пьезоэлемента обуславливается многими факторами, в частности, формой и расположением электродов на поверхностях пьезоэлемента, особенностями управляющего электрического напряжения на электродах и присоединения пьезоэлемента (пьезоактуатора) к поверхности конструкции [3].

Тензор приведенных коэффициентов линейного теплового расширения определяется следующим соотношением:

$$\alpha_{3i} = \frac{d_{3i}}{\Delta_{el}} (i = 1,2,3), \text{ где} \quad (1)$$

где Δ_{el} -- эффективное расстояние между электродами, пьезоэлектрический коэффициент деформации d_{3i} характеризует электромеханические свойства пьезоэлектрического материала и описывает деформацию материала в зависимости от ориентации электрического поля. Первый индекс обозначает направление электрического поля, а второй индекс обозначает направление деформации.

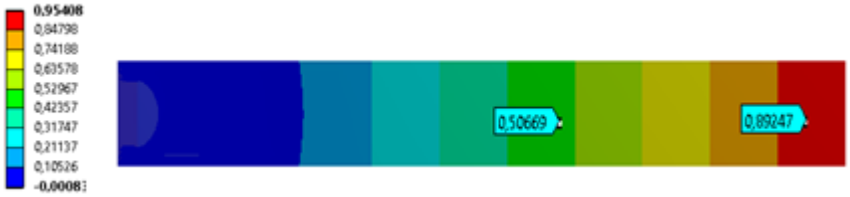
В таблице приведены характеристики углепластика и пьезоактуатора, используемые при численном расчете [4].

Таблица – Характеристики материалов

	ВКУ-39	MFC
E_x, ГПа	63,9	30
E_y, ГПа	63,9	15,5
E_z, ГПа	20	15,5
G_{xy}, ГПа	19,5	10,7
G_{yz}, ГПа	2,7	5,7
G_{xz}, ГПа	2,7	10,7
ν_{xy}	0,04	0,44
ν_{yz}	0,3	0,35
ν_{xz}	0,3	0,44
d_{31}, м/В	–	$-1,98*10^{-10}$
d_{32}, м/В	–	$-1,98*10^{-10}$
d_{33}, м/В	–	$4,18*10^{-10}$
Δ_{el}м	–	0,0005

Для проведения численного моделирования НДС слоистых ПКМ, оснащенных пьезоактуаторами, была разработана трехмерная компьютерная модель с явным описанием слоистой структуры. Решение задачи осуществлялось методом конечных элементов (МКЭ) с использованием программного комплекса ANSYS Workbench. По результатам численного моделирования механического поведения модельных слоистых образцов ПКМ получены поля напряжений и деформаций для образцов с различным расположением пьезоактуаторов.

Анализ полей осевых перемещений для четырехслойных образцов со схемой армирования $[0^o/90^o]$ выявил, что при отдалении изгибного пьезоактуатора от места закрепления происходит снижение нормальных перемещений. При сравнении результатов, полученных для образца с нижним и верхним расположением пьезоактуатора, обнаружено снижение нормальных перемещений U_z в 7.1 раза.



а

б

в

Рис.1 - Поля распределения нормальных перемещений U_z при подаваемом управляющем напряжении 120В: а – нижнее расположение; б – среднее расположение; в - верхнее расположение

При сравнении результатов, полученных для образцов оснащенных двумя (нижнее и среднее расположение) и тремя (нижнее среднее и верхнее расположение) изгибными пьезоактуаторами с результатами, полученными для образца с одним (нижнее расположение) пьезоактуатором (у заделки), обнаружено повышение нормальных перемещений U_z в 1.66 и 2 раза соответственно.

В рамках верификации разработанных математических моделей проводилось сравнение результатов численного исследования механического поведения модельных слоистых образцов из ПКМ, оснащенных пьезоактуаторами, с результатами лабораторных испытаний. На рисунке 2 представлен график зависимости перемещений образца от уровня управляющего напряжения, подаваемого на пьезоактутор.

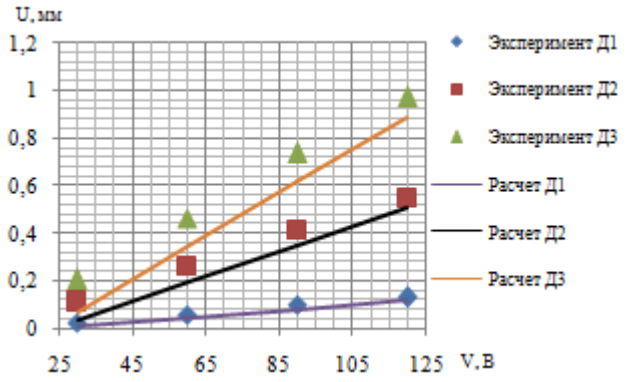


Рис. 2 – График зависимости перемещений образца в контрольных точках от управляющего напряжения, подаваемого на пьезоактуатор

Анализ зависимостей выявил, что результаты численного моделирования находятся в пределах разброса результатов испытаний на изгиб. Погрешность при сравнении со средними значениями для модели со схемой армирования $[0^o/90^o]$ с полученными результатами для испытаний на изгиб не превышает 9,06%.

По результатам проведенных исследований можно сформулировать следующие рекомендации: при проектировании управляемых конструкций из ПКМ, работающих на изгиб, пьезоактуаторы рекомендуется размещать максимально близко к месту крепления конструкции.

Таким образом, разработана математическая модель для расчета НДС пьезоэлектрических слоистых ПКМ с различным расположением управляющих пьезоактуаторов. В модели используется принцип термо-пьезоэлектрической аналогии, который позволяет перейти от связанной краевой задачи электроупругости к более простой несвязанной краевой задачи термоупругости. Вычислены тензоры эффективных электромагнитных и термоупругих (используя принцип термо-пьезоэлектрической аналогии) свойств пьезоактуаторов. Проведено моделирование механического поведения слоистых образцов из ПКМ, оснащенных пьезоактуаторами, при различных уровнях управляющего напряжения. Выявлены основные закономерности и механизмы управления геометрией (деформацией) слоистых ПКМ с помощью встроенных пьезоактуаторов. Проведена верификации разработанных численных моделей. Выявлено, что относительная погрешность не превышает 10 %, обусловленной прямым пьезоэффектом возникающим вследствие деформации образца.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Правительства Пермского края в рамках научного проекта № С-26-797.

Список литературы

1. *Kovalovs A., Barkanov E., Gluhihs S.* Active control of structures using Macro-Fiber Composite (MFC) // Journal of Physics: Conference Series. - 2007. - Vol. 93, No 1. - P. 3-9.
2. *Chen P., Chopra I.* Induced strain actuation of composite beams and rotor blades with embedded piezoceramic elements // Smart Mate. Struct. - 1996. - Vol. 5,No 1. - P. 35-48.
3. *Паньков А.А.* Статистическая механика пьезокомпозитов. - Пермь: Изд-во Пермского государственного технического университета, 2009. - 480 с.
4. *Ковалев А., Барканов Е., Ручевский С., Весоловски М.* Моделирование и проектирование полномасштабной лопасти несущего винта с внедренными пьезокомпозитными актуаторами // Механика композитных материалов. - 2017. - Т. 53, № 2. - С. 1-20.

05.02.00

[1]А.Х. Тазмеев канд. хим. наук, [1]Р.Н. Тазмеева канд. техн. наук,
[2]Б.Х. Тазмеев канд. техн. наук

[1]Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Набережночелнинский институт (филиал),
Набережные Челны, tazmeev@gmail.com, tazmeeva@mail.ru.
[2]Кубанский государственный технологический университет,
Краснодар, tazmeevb@mail.ru

КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ С ЖИДКИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Рассматриваются конструктивные исполнения газоразрядных устройств с жидким электролитным катодом и металлическим анодом. Приводятся результаты экспериментальных испытаний разработанных газоразрядных устройств. Получены эмпирические формулы, связывающие базовые размеры конструктивных элементов электродных узлов с проектной мощностью газоразрядного устройства.

Ключевые слова: *газоразрядное устройство, плазмотрон, жидкий катод, электролит.*

Введение. Газовый разряд, возбуждаемый между жидким электролитом и твердотельным электродом, обладает целым рядом отличительных особенностей. Существуют режимы горения, при которых газовый разряд полностью заполняет межэлектродное пространство, создавая объемную плазму. С практической точки зрения особую важность представляет то, что такая объемная плазма может быть получена при атмосферном давлении, и при этом условия возбуждения разряда намного проще по сравнению с другими известными способами формирования объемных разрядов атмосферного давления. Объемное горение разряда представляет интерес как средство увеличения реакционной зоны в плазмохимических реакторах. В настоящее время возможность применения газового разряда с жидким электролитным катодом в плазмохимических процессах установлена экспериментально [1,2]. Следующим этапом развития исследований является разработка технических систем и газоразрядных устройств. В данной работе представлены результаты, полученные в этом направлении.

Конструктивные элементы газоразрядного устройства. Конструктивное выполнение и назначение отдельных элементов газоразрядного устройства рассмотрим на примере варианта плазмотрона по патенту РФ №2286033 [3]. Его схема приведена на рис. 1. Он содержит электролитическую ванну 1 с токоподводом 2, металлическую крышку 3 и водоохлаждаемый металлический анод 4 в виде полого горизонтального стержня с изогнутыми вверх концами. Металлическая крышка 3 выполнена водоохлаждаемой (стрелками указаны направления течения, а пунктирными линиями − каналы для охлаждающей воды). Анод 4 расположен над токоподводом 2 на расстоянии $H \approx 13 \div 15$ мм. Патрубки 5 анода, служащие для подвода и отвода воды, пропущены через металлическую крышку 3 и их участки, находящиеся ниже крышки защищены втулками 6 из термостойкого влаговпитывающего материала. Анод 4 находится напротив отверстия 7 металлической крышки 3. К металлической крышке 3 снизу прикреплена пластина 8 из пористого огнеупорного материала с продолговатым вырезом 9 посередине. Патрубки 4 анода размещены в этом вырезе 9. Металлическая крышка 3 состыкована со стенками электролитической ванны 1 через кольцо 10, выполненное из термостойкого диэлектрического материала. Между стенкой электролитической ванны 1 и пластиной 8 имеется боковой зазор, $a \approx 1 \div 2$ см. На стенках электролитической ванны выполнены отверстия 11 для подвода и отвода электролита, а также смонтировано окошко 12, предназначенное для определения уровня заполнения ванны электролитом 13 и визуального наблюдения газового разряда 14.

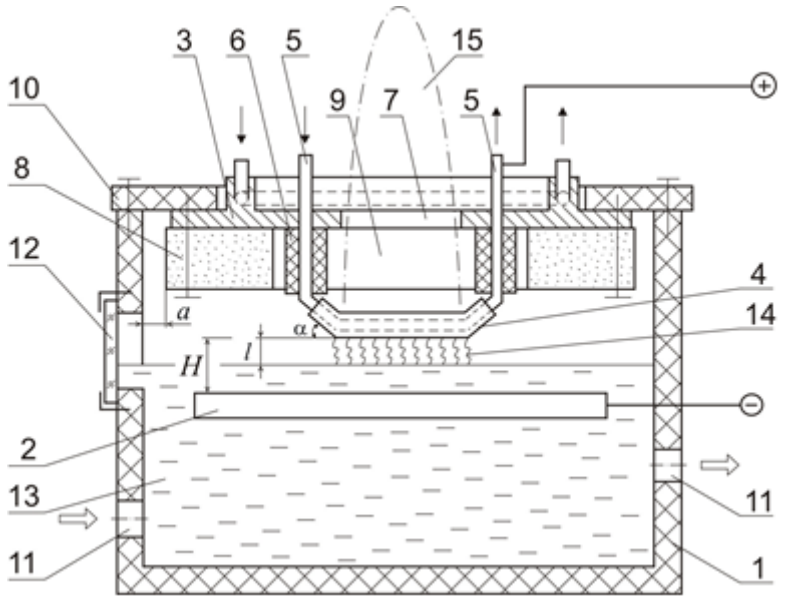


Рис.1 − Плазмотрон с жидким электролитным катодом

Работает плазмотрон следующим образом. Перед началом работы отверстия 11 электролитической ванны 1 подсоединяются к системам подачи и откачки электролита, а электролитическая ванна заполняется электролитом так, чтобы уровень электролита был ниже анода. При этом расстояние l между анодом и электролитом должно находиться в пределах 2÷5 мм. Это расстояние определяется визуально по мерной шкале, нанесенной на окошко 12. Затем токоподвод 2 подключается к отрицательному полюсу источника питания, а анод 4 через патрубок 5 − к положительному полюсу. При этом электролит 13 становится жидким катодом. Далее, известными способами зажигается электрический разряд 14 между электролитом и анодом. Электрический разряд 14 является диффузным и горит в режиме тлеющего разряда. Электролит под воздействием электрического разряда испаряется. Пары электролита служат плазмообразующей средой. Поток плазмы 15 выходит наружу через вырез 9 в пластине 8 и отверстие 7 крышки 3.

Для того, чтобы температура потока плазмы 15 была максимально высокой, необходимо обеспечить предельно высокую плотность тока в электрическом разряде, которая составляет ~ 1,0 А/см^2 на электролитном катоде и ~ 2,5 А/см^2 на металлическом аноде. При такой высокой плотности тока материал анода сильно нагревается, поэтому, для предотвращения термического разрушения анода, он выполнен водоохлаждаемым. Причём, чтобы анод не загромождал плазменный поток, габаритные размеры его участка, находящегося внутри потока плазмы должны быть минимальными.

Пары электролита, образующиеся при горении электрического разряда, попадая на холодные поверхности элементов газоразрядной камеры, конденсируются. Капли, стекающие с металлической крышки, нарушают стабильность горения электрического разряда. Жидкий конденсат обильно образуется в начальный момент после зажигания разряда, т.к. в этот момент все элементы конструкции имеют низкую температуру. Для исключения этого нежелательного явления металлическая крышка снизу прикрыта пластиной 8 из пористого огнеупорного диэлектрика. Конденсат, образующийся на водоохлаждаемой металлической крышке, впитывается пористым огнеупором и постепенно испаряется под тепловым воздействием окружающей среды. Около плазменного потока поверхности пластины 8 подвержены нагреву до высоких температур. Поэтому пластина 8 выполнена из огнеупорного материала. Одновременно пластина 8 играет роль изолятора, предотвращающего случайные замыкания участка электрической цепи “анод – электролитный катод” вне разрядной области 14. По этой причине материал пластины 8 должен быть диэлектриком. Назначение защитных втулок 6 такое же, как у пластины 8.

Конденсат, стекающий по стенкам электролитической ванны, может вызвать короткое замыкание разрядного промежутка. Поэтому к стенкам пристыковано кольцо 10 из термостойкого диэлектрического материала, т.к. на его поверхности пары конденсируются значительно меньше, чем на поверхности металлической крышки. Во время длительной работы плазмотрона металлическая крышка может нагреваться в значительной степени. Поэтому крышка выполнена водоохлаждаемой. А на охлаждаемой поверхности всегда образуется конденсат. Как было отмечено выше, этот конденсат впитывается в пористый огнеупор и оттуда постепенно испаряется. Кольцо 10 во время длительной работы плазмотрона нагревается выше температуры конденсации пара и спустя определённое время после зажигания электрического разряда на поверхности кольца 10 конденсация паров прекращается. Таким образом создаётся надёжная защита от электрического пробоя участка цепи “анод − электролитный катод” по влажным поверхностям элементов газоразрядной камеры, находящихся между анодом и электролитным катодом.

Результаты опытов. Экспериментально было установлено, что разрядный ток зависит от размеров электродов, причем в первую очередь от размеров рабочей поверхности анода. При одном и том же значении напряжения, приложенного к разрядному промежутку, увеличение рабочей поверхности анода вызывало повышение разрядного тока. Использование анодов с различными типоразмерами показали, что чем больше площадь рабочей поверхности анода S_A, тем шире получается разрядная зона. Соответственно, электрическое сопротивление разрядной области получается меньше, а ток – больше. Этим объясняется зависимость тока разряда I от размеров анода. В качестве электролита в плазмотроне использовались слабо концентрированные водные растворы NaCl и Na_2SO_4. Как известно, в случае применения таких электролитов напряжение горения разряда находится в пределах 900 – 1300 В [4]. Этот известный экспериментальный факт позволил заранее установить связь между размерами электродов и мощностью плазмотрона в виде:

$$S_A = k_A \cdot P \quad (1)$$

$$S_T = k_T \cdot P \quad (2)$$

Здесь, S_A и S_T – площади рабочих поверхностей анода и токоподвода, см^2; P – мощность, кВт; k_A = 0,65÷0,70, см^2/кВт; k_T = 2,5÷3,0, см^2/кВт. Эксперименты подтвердили справедливость этих соотношений.

Опытным путем было установлено, что толщина слоя электролита над токоподводом и высота расположения анода Н относительно токоподвода не зависят от мощности. Их оптимальные значения находятся в пределах, соответственно, 10±2 и 13±2 мм.

Экспериментальные исследования показали существенную зависимость температуры в потоке плазмы от плотности тока на электродах. При плотности тока на электролитном катоде ~ 0,5 А/см^2 температура в потоке плазмы была равна ~ 1000 °С, а при значении плотности ~ 1 А/см^2 (это максимально возможное значение для горения в режиме тлеющего разряда) температура достигала до 1500 °С. Температура измерялась на расстоянии 50 мм от верхнего края анода.

Выводы. Особенности конструктивного исполнения внутренней геометрии газоразрядных устройств с жидким электролитным катодом и твердотельным анодом существенно влияют на их эксплуатационные характеристики.

Список литературы

1. *Gibadullina G.R., Tazmeev A.H., Tazmeeva R.N.* // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 24. С. 45015-45021.

2. *Тазмеев А.Х., Тазмеева Р.Н. //* Научно-технический вестник Поволжья. 2017. № 1. С. 32-35.

3. *Тазмеев Х.К., Тазмеева Р.Н.* Плазмотрон с жидким электролитным катодом. Патент №2286033. Россия, МПК H 05 H 1/24, H 05 H 1/34. − 2005115270/06; Заявлено 19.05.2005, опубл. 20.10.2006. Бюл. № 29.

4. *Tazmeev G.K., Timerkaev B.A., Tazmeev K.K., Arslanov I.M., Tazmeev B.K., Sarvarov F.S.* // Journal of Physics: Conference Series. 2017. Т. 789. № 1. С. 012060.

05.02.00

[1]Е.П. Томашевская, [2]В.П. Друзьянова

[1]Якутская ГСХА,
[2]Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

В данной статье описывается производство кормового белка с помощью микробиологического синтеза. Разработка технологии и оборудования для переработки отходов сельского хозяйства продуктом которой является кормовой белок, обладающий фармакологической ценностью. Микробный синтез осуществляется в ферментаторе новой конструкции.

Ключевые слова: *конструкция, оборудование, микробный синтез, кормовой белок, вскармливание.*

Полноценное кормление - основа профилактики внутренних болезней животных. Высокой производительности и хорошей воспроизводительной функции животных можно достичь, в основном, благодаря их полноценному кормлению. Организуя полноценную кормежку сельскохозяйственных животных, необходимо обязательно учитывать уровень обеспеченности животных энергией, всеми питательными и биологически активными веществами, их значение в питании животных и соотношение между собой, поскольку нарушение этих требований, избыток или недостаток этих веществ приводит к появлению ряда внутренних болезней.

Микробный синтез осуществляется в ферментаторе новой конструкции. Когда разрабатываются все новые и новы*е* конструкции ферментаторов большой единичной мощности и каждый разработчик считает, что его конструкция наиболее эффективна. В то же время при внедрении аппаратов наблюдается значительное расхождение проектных и фактических технико-экономических показателей. Все схемы по получению кормового белка носят аналогичный характер и предусматривают выполнение в несколько стадий. На рис. 1 изображена поэтапность технологичности получения кормового белка. Вкусовую, питательную и фармакологическую ценность и, соответственно, повышенный выход биомассы мы предполагаем осуществить с рациональным выбором инокулята . Так как от содержания в составе инокулята витаминов, макро –и- микроэлементов зависит конечный состав питательных веществ и придают дрожжам фармакологические свойства [2,3,5].

Питательной средой для получения кормовых дрожжей служит прогретый перетертый навоз от животноводческих ферм, посевным материалом служит штамм Sacharomyces Vini Muscat. Для поддержания ph среды добавляем серную кислоту, выдерживая стандарты по технологическому расчету время при температуре среды t=30…33 гр. Таким образом получаем культуральную жидкость, которую можем использовать для второй стадии выращивания. На второй стадии отработанную культуральную жидкость разбавляем водой один раз, вводим минеральные и разводку дрожжей Candida Utilis.

Также вносим в питательную среду следующие питательные соли, г/дм^3: Kh_2PO_4- 1.56; $MgSO_4$- 0,0,62

Диффузионный сок получаем путем прессования выжимок ягод морошки на фильтр - прессе.

Использование отработанной культуральной жидкости от первой стадии в качестве питательной среды на второй стадии культивирования обогащенную витаминами, с добавлением раствора хвои, аминокислотами, БАВ, способствует увеличению выхода биомассы дрожжей Candida Utilis, обеспечивает улучшение качества конечного продукта [1,2,4].

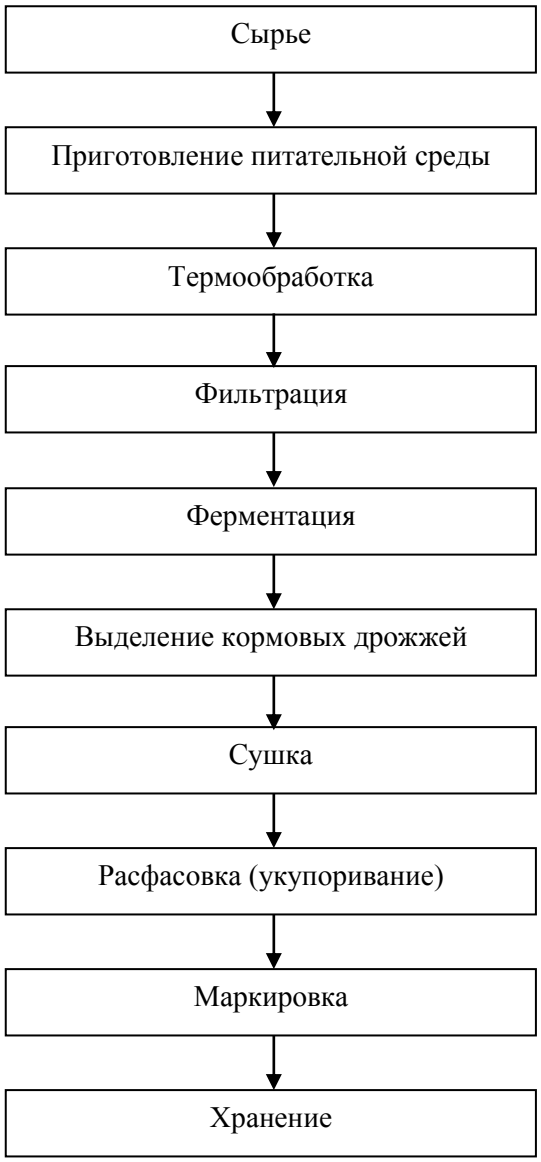


Рис.1- Поэтапность технологичности получения кормового белка

Ферментатор является основным аппаратом любого микробиологического производства и в значительной степени определяет его экономическую эффективность. В основном, они осуществляют подвод кислорода, так как это является неотъемлемой частью в конструктивной особенности оборудования, основанных на микробном синтезе. Наибольшая часть данных процессов протекают как с участием газовых компонентов, так и жидких или твёрдых веществ [3,4].

Основу конструирования оборудования осуществляющих подвод кислорода составляет принцип газлифта. Одним из основных гидродинамических параметров, характеризующих данные ферментатора является газосодержание и массообмен в культуральной жидкости, скорость жидкой и газовой фаз, кратности и скорости циркуляции [1,2].

Процесс культивирования микроорганизмов сопровождается большим ростом популяции аэробных микроорганизмов в котором необходим подвод кислорода, под действием кислорода происходит окисление органических субстратов и обеспечение клеток необходимой для нее энергией [3].

На рис. 2 приведена структурная схема ферментатора где происходит микробный синтез

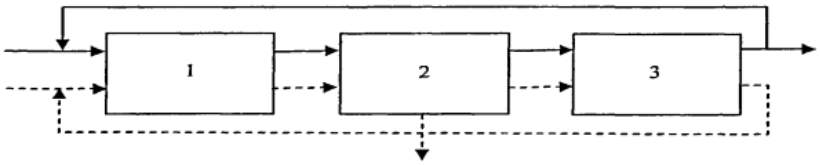


Рис. 2- Структурная схема аппарата для культивирования микроорганизмов: 1 –зона интенсивной массопередачи; 2 – зона охлаждения; 3 –зона циркуляции

Правильный режим кормления способствует повышению устойчивости организма животных к различным инфекционным и инвазионным заболеваниям и предотвращает нарушение обмена веществ.

В профилактике заболеваний, кроме полноценности рационов и бесперебойного кормления, особую важность приобретает также удовлетворение полной потребности животных в перевариваемом протеине, минеральных веществах и витаминах.

Недостаток в рационах животных протеина (при неправильном их составлении или отсутствии в них необходимого количества сена, особенно бобового, и концентрированных кормов) приводит к нарушению обмена веществ, истощению, дистрофии тканей и в тяжелых случаях к снижению сопротивляемости заболеваниям и даже смерти.

Если в рационе содержится избыточное количество концентрированных кормов, то это тоже может быть причиной глубокого нарушения обмена веществ; кроме того, у молочных коров отмечают заболевание ацетонемией, у овец—кетонурией, у животных снижается сопротивляемость инфекционным заболеваниям, нарушается функция полового аппарата, возникает яловость. Профилактика нарушений белкового обмена должна строиться путем правильного балансирования для всех животных кормовых рационов с включением в них перевариваемого протеина или белка в соответствии с установленными зоотехническими нормами.

Список литературы

1. *Кокиева, Г. Е.* Исследование аппарата для культивирования микроорганизмов / Г. Е. Кокиева // Научно-технический вестник Повол-жья. – 2014. – № 4. – С. 123-125.

2. *Кокиева, Г. Е.* Пат. 2565557 Российская федерация, МПК С 12 М 1/02, С 12 М 1/04, С 12 М 1/21. Аппарат для культивирования микроорганизмов / Кокиева Г. Е., Шагдыров И. Б., Шагдыров Б. И., Болохоев В. С. ; Заявитель и патентообладатель Бурят. гос. с.-х. акад. им. В. Р. Филиппова. – № 2014127113/10 ; заявл. 02.07.14 ; опубл. 20.10.15, Бюл. № 29. – 7 с. : ил.

3. *Яковлев Н.А., Соломаха Г.П.* Об учете энергии газового потока при изучении массопереноса в аппаратах с мешалками. –Тезисы докладов III Всесоюзной конференции по теории и практике перемешивания в жидких средах. –М.: НИИТЭхим. – 1976 с.123-126.

4. *Якушкин В.А.* Исследование и разработка методики расчета трубчатых газлифтных аппаратов для выращивания кормовых дрожжей. Автореферат канд. Дисс. ЛТИ им. Ленсовета.-Л., 1974, -23 с.

5. *Янчевский В.К., Коваленко В.И., Шевченко В.И.* Интенсификация биосинтеза дрожжевой биомассы в бродильных производствах/ Обз. Инф. АгроНИИТЭИПП. Спиртовая и ликероводочная промышленность, 1984. - № 4. – с. 20.

05.02.00

[1]А.Р. Фардеев канд. техн. наук, [2]Ф.Д. Байрамов д-р техн. наук,
[3]А.А. Фардеев, [4]Б.Ф. Байрамов канд. физ.-мат. наук

Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
кафедра механики и конструирования,
Набережные Челны, [1]albert.fardeev@mail.ru, [2]fbairamovd@gmail.com,
[3]progmast@mail.ru, [4]bbairamov@gmail.com

ЧИСЛЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ОЦЕНКЕ РЕАКЦИИ ГИДРОСИСТЕМЫ МАНИПУЛЯТОРА НА ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТА МАНИПУЛИРОВАНИЯ

В статье проведен анализ работы манипулятора при изменении скорости движения объекта манипулирования по одной из переносных степеней подвижности. При этом происходит изменение давления в гидросистеме. Рассмотрена работа системы в переходном режиме, когда параметры трубопровода и насоса не совпадают. Преобразованы полученные ранее уравнения работы системы; вычислены коэффициенты в этих уравнениях; проведены численные эксперименты для оценки частоты вращения вала насоса и расхода жидкости при изменении давления по заданному закону.

Ключевые слова: *манипулятор, скорость движения, гидросистема, изменение давления, частота вращения, расход жидкости.*

Рассмотрим манипулятор с общим насосом переменного рабочего объема и гидравлическими приводами трех переносных степеней подвижности. Исследуем работу этого манипулятора при изменении скорости движения объекта манипулирования. Уравнения динамики гидросистемы имеют вид:

$$T_s \frac{du_v}{dt} + u_v = K_p u_p$$

$$T_T \frac{du_Q}{dt} = u_p - k_{pГ} u_{pГ} - k_Q u_Q \qquad u_p = K_{pn} u_{pn} - K_1 u_{Q_{нас}} + K_2 u_n \tag{1}$$

$$T_Q \frac{du_Q}{dt} = u_{PГ}$$

$$u_v = K_{P3} u_p - u_n + K_{V1} u_Q + K_V$$

Первое уравнение описывает работу системы управления рабочим объемом насоса манипулятора [1]. Здесь u_v – относительное изменение рабочего объёма, u_p – относительное изменение давления насоса.

Второе уравнение – это равнение динамики жидкости в трубопроводе [2]. Здесь u_Q – относительное изменение расхода трубопровода, $u_{pГ}$ – относительное изменение давления гидродвигателя.

Третье уравнение – это равнение динамики насоса [3]. Здесь u_{pn} – относительное изменение давления в начале регуляторной ветви характеристики насоса, $u_{Q_{нас}}$ – относительное изменение подачи насоса.

Четвертое уравнение – это равнение динамики гидродвигателя [3].

Пятое уравнение – это равнение динамики переливного клапана [4].

Подставлять третье уравнение системы (1) в оставшиеся уравнения можно лишь в случае работы системы в номинальном режиме, когда образовалась рабочая точка в которой совпадают параметры трубопровода и насоса.

В переходном режиме вместо третьего уравнения будем рассматривать изменение давления как внешнее возмущение.

Исключив из системы (1) третье уравнение и подставив $u_{PГ}$ из четвертого уравнения во второе уравнение и u_v из последнего уравнения в первое уравнение получим:

$$T_s K_{P3} \frac{du_p}{dt} - T_s \frac{du_n}{dt} + T_s K_{V1} \frac{du_Q}{dt} + K_{P3} u_p - u_n + K_{V1} u_Q + K_V = K_p u_p$$

$$T_T \frac{du_Q}{dt} = u_p - k_{pГ} T_Q \frac{du_Q}{dt} - k_Q u_Q$$

Введем обозначения:

$T_p = T_s K_{P3}$; $T_n = T_s$; $T_{Q1} = T_s K_{V1}$; $k_8 = K_{V1}$; $k_9 = -K_V$; $k_{10} = K_p - K_{P3}$; $T_{Q2} = T_T + k_{pГ} T_Q$; $k_{11} = k_Q$, тогда получим:

$$T_{Q1} \frac{du_Q}{dt} - T_n \frac{du_n}{dt} = u_n - k_8 u_Q + k_{10} u_p + k_9 - T_p \frac{du_p}{dt}$$

$$T_{Q2} \frac{du_Q}{dt} = u_p - k_{11} u_Q \qquad (2)$$

Выразив из второго уравнения системы (2) $\frac{du_Q}{dt}$ подставим в первое уравнение. Тогда система (2) примет вид:

$$-T_n \frac{du_n}{dt} + \frac{T_{Q1}}{T_{Q2}} u_p - \frac{T_{Q1}}{T_{Q2}} k_{11} u_Q = u_n - k_8 u_Q + k_{10} u_p + k_9 - T_p \frac{du_p}{dt}$$

$$T_{Q2} \frac{du_Q}{dt} = u_p - k_{11} u_Q$$

Введем обозначение:

$$k_{12} = k_8 - \frac{T_{Q1}}{T_{Q2}} k_{11},\ k_{13} = k_{10} - \frac{T_{Q1}}{T_{Q2}}$$

тогда получим:

$$-T_n \frac{du_n}{dt} = u_n - k_{12} u_Q + k_{13} u_p + k_9 - T_p \frac{du_p}{dt}$$

$$T_{Q2} \frac{du_Q}{dt} = u_p - k_{11} u_Q$$

Поделим первое уравнение этой системы на $(-T_n)$, а второе на T_{Q2}, тогда

$$\frac{du_n}{dt} = -\frac{1}{T_n} u_n + \frac{k_{12}}{T_n} u_Q - \frac{k_{13}}{T_n} u_p - \frac{k_9}{T_n} + \frac{T_p}{T_n} \frac{du_p}{dt}$$

$$\frac{du_Q}{dt} = \frac{1}{T_{Q2}} u_p - \frac{k_{11}}{T_{Q2}} u_Q$$

Обозначим:

$$a_1 = \frac{1}{T_n};\ a_2 = \frac{k_{12}}{T_n};\ k_{14} = \frac{k_{13}}{T_n};\ k_{15} = \frac{k_9}{T_n};\ k_{16} = \frac{T_p}{T_n};$$

$$a_3 = 0;\ a_4 = \frac{k_{11}}{T_{Q2}};\ k_{17} = \frac{1}{T_{Q2}}, \qquad (3)$$

тогда:

$$\frac{du_n}{dt} = -a_1 u_n + a_2 u_Q - k_{14} u_p - k_{15} + k_{16} \frac{du_p}{dt}$$

$$\frac{du_Q}{dt} = a_3 u_n - a_4 u_Q + k_{17} u_p \qquad (4)$$

Определим коэффициенты для системы (4):

пусть $V_{он0} = 10^{-4} м^3$, $n_{н0} = 3600 об/мин = 60 об/с$, $d_k = 5мм = 5 \cdot 10^{-3} м$ (тогда $A_k = \frac{\pi d_k^2}{4} = 1{,}9625 \cdot 10^{-5} м^2$), $\beta = 45^0$, $\rho = 800 кг/м^3$, $p_{k0} = p_{нас0} = 15 Mпа = 15 \cdot 10^6 н/м^2$, $\sigma_{10} = 0{,}1мм = 10^{-4} м$, $\nu = 20сст = 20 \cdot 10^{-6} м^2/с$, $C = 300 н/мм = 3 \cdot 10^5 н/м$, $z_0 = 0{,}5мм = 5 \cdot 10^{-4} м$, $\psi = 0{,}98$, $\mu_щ = 0{,}82$, $\upsilon_Д = 5 м/с$, (тогда

$$Q_0 = V_{он0} n_{н0} - \frac{\mu_щ \pi d_K A_k \psi}{C} \sin\beta \sqrt{\left(\frac{2}{\rho}\right)} p_{нас0}^{\frac{3}{2}} + \mu_щ \pi d_K z_0 \sin\beta \sqrt{\left(\frac{2}{\rho}\right)} p_{нас0}^{\frac{1}{2}} = 5{,}16 \cdot 10^{-3} м^3/с,$$

$$d = \sqrt{\frac{Q_0}{\pi \upsilon_Д}} = 1{,}81 \cdot 10^{-2} м,$$

$$K_{\mu 1} = \frac{\mu_щ \pi d_K A_k \psi}{C} \sin\beta \sqrt{\left(\frac{2}{\rho}\right)} p_{нас0}^{\frac{3}{2}} - \mu_щ \pi d_K z_0 \sin\beta \sqrt{\left(\frac{2}{\rho}\right)} p_{нас0}^{\frac{1}{2}} = 8{,}14 \cdot 10^{-4} м^3/с,$$

$$K_{\mu 2} = \frac{3}{2} \frac{\mu_щ \pi d_K A_k \psi}{C} \sin\beta \sqrt{\left(\frac{2}{\rho}\right)} p_{нас0}^{\frac{3}{2}} - \frac{1}{2} \mu_щ \pi d_K z_0 \sin\beta \sqrt{\left(\frac{2}{\rho}\right)} p_{нас0}^{\frac{1}{2}} = 2{,}102 \cdot 10^{-3} м^3/с), \; K_{\Sigma 1} = 0;$$

$K_{\Sigma 2} = 14{,}33 \cdot 10^{10}$, $K_{mn1} = K_{mn2} = 2$ (тогда $S_{10} = \frac{K_{mn2}}{K_{mn1}} \sigma_{10} = 10^{-4} м$), $k_1 = 0{,}1 м^2/с$, $k_2 = 4 \cdot 10^4 м^{-2}$,

$$S = 1{,}1 \cdot 10^{-3} м^2; \; m_1^m = 45 кг; \; m_1^m = 55 кг; \; m_1^m = 65 кг, \; S_{TP} = 2{,}57 \cdot 10^{-4} м^2.$$

Тогда после вычислений получим:

$$a_1 = \frac{1}{T_n} = 8 \cdot 10^3 c^{-1}; \; a_2 = \frac{k_{12}}{T_n} = 6{,}81 \cdot 10^3 c^{-1}; \; k_{14} = \frac{k_{13}}{T_n} = 7{,}399 \cdot 10^4 c^{-1}; \; k_{15} = \frac{k_9}{T_n} = 34{,}4 c^{-1};$$

$$k_{16} = \frac{T_p}{T_n} = 352; \; a_3 = 0; \; a_4 = \frac{k_{11}}{T_{Q2}} = 4{,}743 \cdot 10^{-4} c^{-1}; \; k_{17} = \frac{1}{T_{Q2}} = 9{,}337 \cdot 10^{-4} c^{-1}$$

Составлена программа численного решения уравнений динамики гидросистемы (4) при заданных законах изменения давления. При помощи этой программы проведены численные эксперименты для оценки частоты вращения вала насоса и расхода жидкости при изменении давления по заданному закону.

Из результатов решения видно, что при скачкообразном увеличении давления происходит некоторый заброс расхода трубопровода, а при изменении давления по гармоническому закону поведение расхода жидкости также является колебательным. При этом, чем больше частота изменении давления, тем больше частота колебаний расхода.

Список литературы

1. *Фардеев, А.А.* Математическая модель автоматизированной системы управления рабочим объѐмом насоса манипулятора, используемого в технологическом процессе ковки заготовок // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. - №4. – С. 121-123.

2. *Фардеев, А.Р.* Анализ работы трубопровода манипулятора, используемого в технологическом процессе ковки или горячей штамповки заготовок / А.Р. Фардеев, А.А. Фардеев, А.М. Абдуллина // Научно-технический вестник Поволжья – 2018. – №1. – С. 71-73

3. *Фардеев, А.Р.* Анализ работы трубопровода манипулятора, используемого в технологическом процессе ковки или горячей штамповки заготовок / А.Р. Фардеев, А.А. Фардеев, Р.Г. Марданшин // Научно-технический вестник Поволжья – 2018. – №4. – С. 42-45

4. *Лепешкин, А.В.* Гидравлические машины и Гидропневмопривод: Учебник. Ч. 2. / А.В. Лепешкин, А.А. Михайлов, А.А. Шейпак; под ред. А.А. Шейпака. 3-е изд. стереот. – М. : МГИУ, 2005. – 352 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ (05.11.00)

05.11.16

Н.Н. Беспалов канд. техн. наук, А.В. Зорькин, П.М. Дёмкин

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
им. Н. П. Огарёва,
кафедра электроники и наноэлектроники,
Саранск, ka-mgu@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ ЧЕРЕЗ ДЛИННУЮ ЛИНИЮ НА ОСНОВЕ ВИТОЙ ПАРЫ, ФОРМИРУЕМЫХ ИМПУЛЬСНЫМ ИСТОЧНИКОМ ТОКА

В статье приведены результаты исследования прохождения управляющих электрических импульсов квазипрямоугольной формы от выходного генератора через длинную линию на основе витой пары на активную нагрузку. Генератор управляющих импульсов был выполнен на основе источника тока. Исследования проведены в программной среде Multisim. Приведено сравнение некоторых параметров форм импульсов в активной нагрузке при применении в качестве выходных импульсных генераторов на основе источников тока и напряжения. Сделан вывод о преимуществе применения выходных генераторов на основе источника тока.

Ключевые слова: *источник тока, источник напряжения, длинная линия, витая пара, активная нагрузка, управляющий импульс, Multisim.*

Введение. Системы передачи управляющих электрических импульсов представляют собой совокупность технических средств обеспечивающих обмен данными между различными узлами электронных и электротехнических систем. Эти системы широко используются в таких устройствах силовой электроники как электрические преобразователи энергии (ЭПЭ) на основе управляемых силовых полупроводниковых приборов (УСПП). ЭПЭ содержат выходные каскады систем управления, выполняемые обычно на основе источников напряжения, которые через электрические линии различной длины формируют сигналы управления УСПП. Основными требованиями, предъявляемыми к системам передачи управляющих сигналов, являются помехоустойчивость к любым внешним воздействиям и обеспечение передачи управляющего сигнала через длинную линию с минимальными искажениями.

В настоящее время разработано и реализовано множество систем передачи управляющих сигналов, их различия обусловлены типом и сложностью поставленной задачи [1, 2]. При анализе существующих систем передачи управляющих сигналов было выявлено, что большинство систем выполнены на основе источников напряжения. В то время как систем передачи управляющих сигналов на основе источников тока практически нет. Существующие системы передачи управляющих сигналов передают управляющие импульсные сигналы от источников в нагрузку по длинной линии на основе витой пары. Витая пара является одним из универсальных технических решений для передачи импульсных сигналов. Она представляет собой изолированную пару проводников, скрученную с небольшим числом витков на единицу длины, что уменьшает воздействие внешних и перекрестных наводок на проходящий сигнал [3].

Структурная и электрическая принципиальная схемы. Рисунок 1 иллюстрирует структурную схему системы передачи управляющего сигнала.

Рис. 1- Структурная схема системы передачи управляющего сигнала

На основе данной структурной схемы в программной среде Multisim была разработана электрическая принципиальная схема для моделирования системы передачи управляющих импульсных сигналов от импульсного источника тока через длинную линию в активную нагрузку *Rн*. Схема моделирования представлена на рисунке 2.

По аналогии с работой [4], в данной статье проводились исследования изменения амплитуды и длительности переднего фронта импульсов в нагрузке относительно входного сигнала.

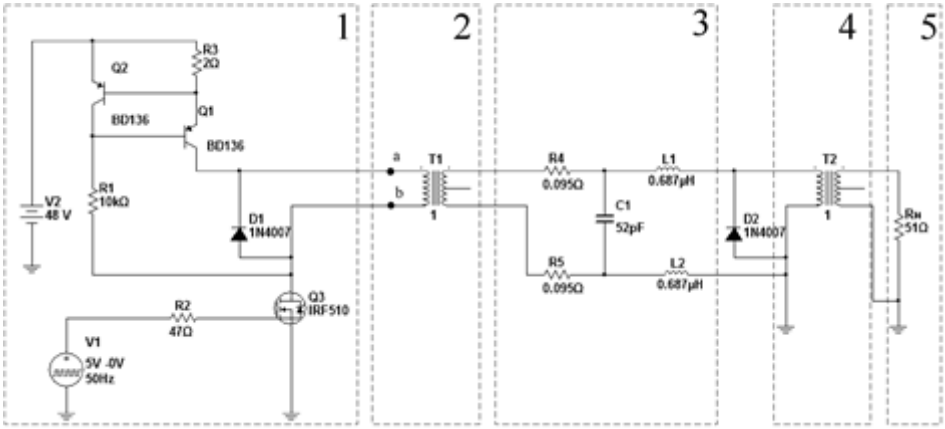


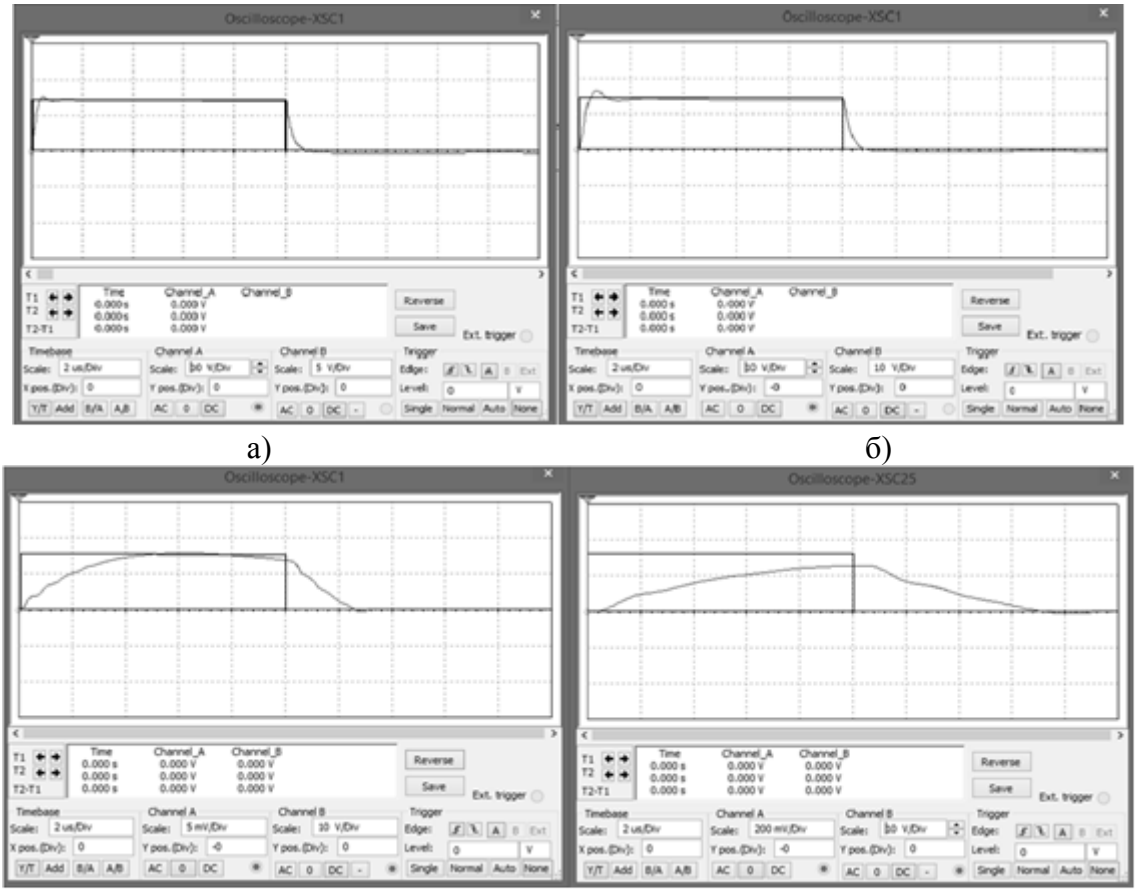
Рис. 2- Визуализация схемы моделирования в программной среде Multisim системы передачи управляющих импульсных сигналов при использовании генератора на основе импульсного источника тока

Схема моделирования состоит из генератора импульсов 1, блоков гальванической развязки 2 и 4 на основе, соответственно, согласующих трансформаторов *Т*1 и *Т*2 с коэффициентами трансформации равными единице, витой пары 3 и активной нагрузки 5.

Импульсный генератор тока 1 через трансформатор *Т*1 формирует на входе длинной линий 2 импульсы тока со следующими параметрами: длительность 10 *мкс*, длительность переднего фронта $t_{\Phi вх}$ = 100 *нс*. Длительности передних фронтов входного $t_{\Phi вх}$ и выходного $t_{\Phi вых}$ импульсов тока отсчитывались по уровням 0,1 и 0,9 амплитудных значений. Сформированные импульсы через витую пару 2 и согласующий трансформатор *Т*2, передаются в нагрузку *Rн*.

Параметры эквивалентной схемы замещения витой пары (рис. 2, блок 3) отрезком в 1 метр, имеют следующие значения: последовательное сопротивление одного проводника *R*4, *R*5 = 95 *мОм*; ёмкость между проводниками *С*2 = 52 *пФ*; последовательная индуктивность одного проводника *L*1, *L*2 = 687 *нГн*. Исследования проводились при изменении длины линии *Lвп* от 0,1 *м* до 100 *м*.

Результаты моделирования. На рисунке 3 представлены некоторые результаты проведенных исследований. Показаны осциллограммы сигналов переданных системой через витую пару длиной 0,1 *м* и 100 *м* в нагрузку *Rн* = 51 *Ом* и 1 *кОм*.



а) б)

в) г)

Рис. 3- Осциллограммы импульсов напряжения на активной нагрузке *Rн* = 51 *Ом* при *Lвп* = 0,1 *м* (а) и 100 *м* (б) и осциллограммы импульсов напряжения на активной нагрузке *Rн* = 1 к*Ом* при *Lвп* = 0,1 *м* (в) и 100 *м* (г)

Рисунок 4 иллюстрирует зависимости амплитуды импульса выходного напряжения *Uвых2* на нагрузке *Rн* =51 *Ом* и 1 *кОм* от длины витой пары *Lвп*, построенные по данным моделирования при передаче управляющего сигнала системой с генератором на основе импульсного источника тока.

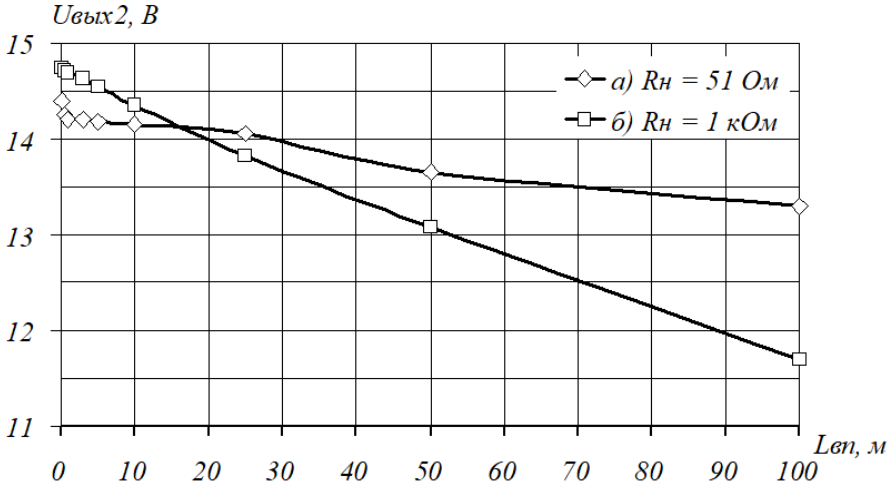


Рис. 4- Зависимости амплитуды выходного импульса напряжения *Uвых2* управляющего сигнала на нагрузке *Rн* 51 *Ом* 1 к*Ом* от длины витой пары *Lвп*

Из полученных результатов проведенных исследований для системы передачи управляющих импульсов на основе импульсного источника тока и системы передачи управляющих импульсов на основе импульсного источника напряжения исследованного в работе [4] составлена таблица 1, в которой приведены сравнительные результаты по некоторым параметрам, характеризующим искажения форм импульсов в нагрузке.

Таблица 1 – Сравнительная таблица.

Параметр	Тип генератора							
	Источник тока				Источник напряжения			
Сопротивление нагрузки, Ом	51		1000		51		1000	
Длина линии *Lвп*, м.	0,1	100	0,1	100	0,1	100	0,1	100
Амплитуда импульса напряжения *Uвых*, В.	14,4	13,3	14,7	11,7	15	10,5	15	14,4
Кратность увеличения длительности переднего фронта выходного импульса $t_{Фвых}$ относительно $t_{Фвх}$ входного импульса	2	3	40	80	5	40	2	7,5
Колебательные процессы на фронтах импульса	нет	нет	нет	нет	нет	нет	да	да

Из приведённых в таблице 1 результатов видно, что при применении в качестве выходных генераторов формирователей на основе источника тока при передаче сигналов через длинную линию *Uвых* на нагрузке *Rн*=51 *Ом* существенно менее зависит от длины линии *Lвп* (0,1-100 м) по сравнению с *Uвых* на нагрузке *Rн*=1 *кОм*. При этом и $t_{Фвых}$ относительно $t_{Фвх}$ при *Rн*=51 *Ом* увеличивается всего в 2-3 раза, а при *Rн* = 1 *кОм* уже в 20-80 раз.

Сравнение результатов моделирования показывает, что при применении в качестве выходного генератора выполненного на основе схемы источника тока по сравнению с выходным генератором на основе схемы источника напряжения наблюдаются значительно меньшие искажения формы выходного импульсного сигнала по сравнению с формой входного сигнала. В связи с этим рекомендуется в таких системах передачи управляющих электрических импульсов применение импульсных генераторов формирователей выполненных на основе схем источников тока.

Список литературы

1. *Ремпен И. С.* Исследование длинной линии. Учебно-методическое пособие / И. С. Ремпен. – Саратов, – 2010. – 20 с.

2. *Иваницкий А. М.* Экспериментальное исследование витой пары при экспофункциональных воздействиях / А. М. Иваницкий, М. В. Рожновский // Цифровые технологии. – 2011. – № 10. – С. 135 – 142.

3. Основы локальных сетей [Электронный ресурс]: Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»; ред. Кондратенко С., Новиков Ю. – Режим доступа: https://www.intuit.ru/studies/courses/57/57/info.

4. *Беспалов Н. Н.* Исследование прохождения управляющих импульсов формируемых импульсным источником напряжения через длинную линию на основе витой пары / Н. Н. Беспалов, А. В. Зорькин, П. М. Дёмкин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – №7.– С. 50 – 53.

05.11.16

Г.Н. Гусев канд. техн. наук, А.В. Маккавеев

Институт механики сплошных сред Уральского отделения РАН,
Отдел комплексных проблем механики деформируемого твердого тела,
Пермь, gusev.g@icmm.ru

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЙ ПЛАВАТЕЛЬНОГО БАССЕЙНА

В работе рассмотрен пример определения напряженно-деформированного состояния несущей конструкции здания спортивного комплекса. Сложность этой задачи заключается в отсутствии единой непротиворечивой документации и сложной историей строительства. Оценка действительного напряженно-деформированного состояния, а также проверка корректности построенных в рамках работы моделей, является предметом поиска данной работы.

Ключевые слова: *оценка напряженно-деформированного состояния сооружения, математическая модель, деформационный мониторинг.*

Обеспечение безопасности объектов массового скопления людей закладывается еще на этапе проектирования конструкции, контролируется в течение строительства и периодически проверяется в течение всего срока эксплуатации здания. Несмотря на это, при изучении документации объекта могут быть выявлены противоречия проекта, результатов обследований или усилений несущей конструкции и действительного состояния здания. В этом случае нельзя однозначно оценить напряженно-деформированное состояние с помощью математического моделирования и, следовательно, степень опасности эксплуатации объекта. Для конкретизации параметров модели и проверки ее адекватности реальному объекту можно с помощью натурных измерений в ключевых узлах конструкции. Частным случаем организации подобных измерений является система мониторинга.

На текущий момент деформационный мониторинг наиболее распространен при геодезических измерениях [1]. Однако, непрерывная регистрация показаний требуется и для определения осадки сооружений [2], вибродиагностики [3] и пр. Сама система мониторинга может быть организована в виде АСУ с передачей по шинам RS-232/RS-422/RS-485 [3], или же принять вид сети интернета вещей (IoT) [2].

В этой работе рассматривается задача определения напряженно-деформированного состояния несущей конструкции покрытия здания спортивного комплекса, сложность регистрации и исследования которого вызвана в том числе отсутствием полного комплекта чертежей, а так же существующими расхождениями в результатах обследований разных лет. Кроме того, длительное время объект находился в стадии незавершенного строительства, без соблюдения правил консервации объектов подобного рода. В разное время в конструкцию покрытия вносились изменения – как по не несущим конструкциям (изменена конструкция кровли), так и по несущим элементам (проводились усиления стропильных конструкций, часть которых не задокументирована должным образом). Исследуемая часть здания состоит из двух блоков, разделенных температурным швом, и связанных между собой технологически и организационно. В здании применен смешанный каркас, в котором фундаменты и колонны выполнены из монолитного железобетона, покрытия выполнены железобетонными сборно-монолитными, стропильные конструкции покрытия – стальными.

В рамках работ по исследованию НДС конструкции покрытия Блоков №1 и №2 проведена серия расчетов, в ходе которой решена задача о напряженно-деформированном состоянии конструкций, посредством математических моделей, описывающих функционирование

элементов покрытия в пространственной постановке с учетом воздействующих силовых факторов, а так же технического состояния конструкций, установленного по результатам технических обследований.

Расчёт на прочность выполнялся методом конечных элементов в линейной постановке в программном комплексе ANSYS Structural 12.1. Элементы конструкций стропильных ферм – нижние и верхние пояса, раскосы, стойки и прочие элемент моделировались балочными двухузловыми конечными элементами (КЭ). Особо ответственные и сложные по конструкции и напряженному состоянию узлы, определённые на основании предварительных расчётов, моделировались оболочечными четырёхузловыми КЭ.По результатам проверочных расчётов несущих металлических конструкций покрытий Блоков I и II были выделены несущие конструктивные элементы, прочность и устойчивость которых не обеспечены согласно нормам проектирования [4,5].

С целью своевременного обнаружения на ранней стадии негативного изменения деформационного состояния конструкций здания, которое может привести к их разрушению и повлечь переход объекта в ограниченно работоспособное или аварийное состояние, было принято решение о создании системы мониторинга. Данный программно-аппаратный комплекс [6]:

1. осуществляет автоматический контроль параметров в ключевых точках несущих конструкций здания;
1. оповещает служебный персонал о критически важных изменениях в работе несущей конструкции;
2. формирует банк данных о параметрах изменения состояния несущих конструкций.

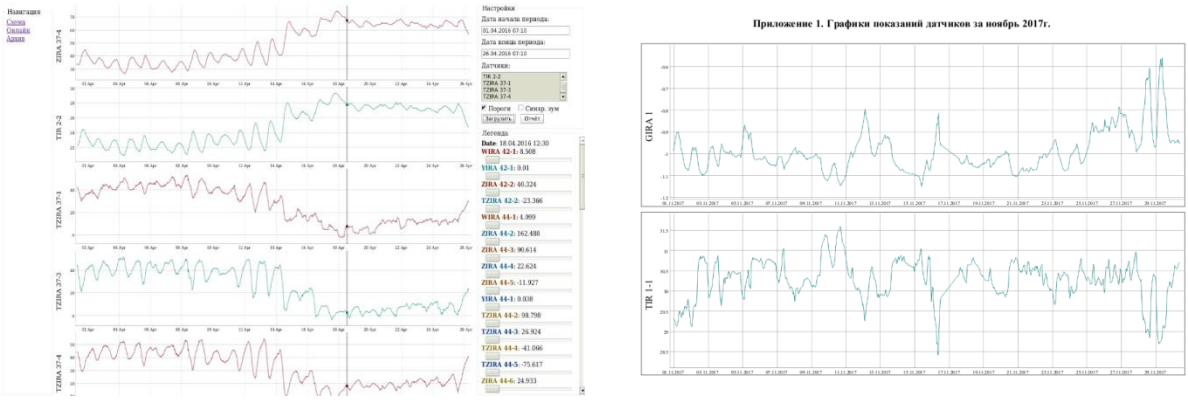
Из всех несущих элементов, на основании анализа максимальных силовых факторов и взаимного расположения, выделены критически важные несущие конструктивные элементы. Состав и тип контролируемых параметров определялся на основании расчётов и анализа особенностей работы несущих конструкции и включает в себя следующие характеристики системы [4]:

- относительные деформации критически важных несущих элементов стальных ферм (тензодатчики ДДС-100);
- относительные углы поворота узлов стропильных ферм и опорных узлов подстропильной фермы Блока I (инклинометры STS-001);
- относительные перемещения подвижной опоры в осях подстропильной фермы (датчик перемещения Kyowa DT-50A).

Дополнительно в состав контрольных параметров включены основные характеристики внешних воздействий — температура помещений спорткомплекса и окружающей среды (термометры сопротивления ТСП 9201), снеговая нагрузка на покрытия блоков (тензорезистивный датчик нагрузки Т4) — а также группа датчиков деформации, цель которых —подтвердить или опровергнуть допущений и предположений, сделанных при расчёте металлических конструкций покрытия блоков.

Датчики подключены к устройствам аналогового ввода: тензодатчики — к ICP DAS M-7016 по четырехпроводной схеме; инклинометры, датчики перемещений и снеговой нагрузки — ICP DAS M-7017 RC; термопары — к ICP DAS I-7033. Данные модули опроса объединены витой парой в 2 шины по стандарту RS-485 и подключены к серверу опроса через конвертеры RS-485 — USB ICP DAS I-7561.

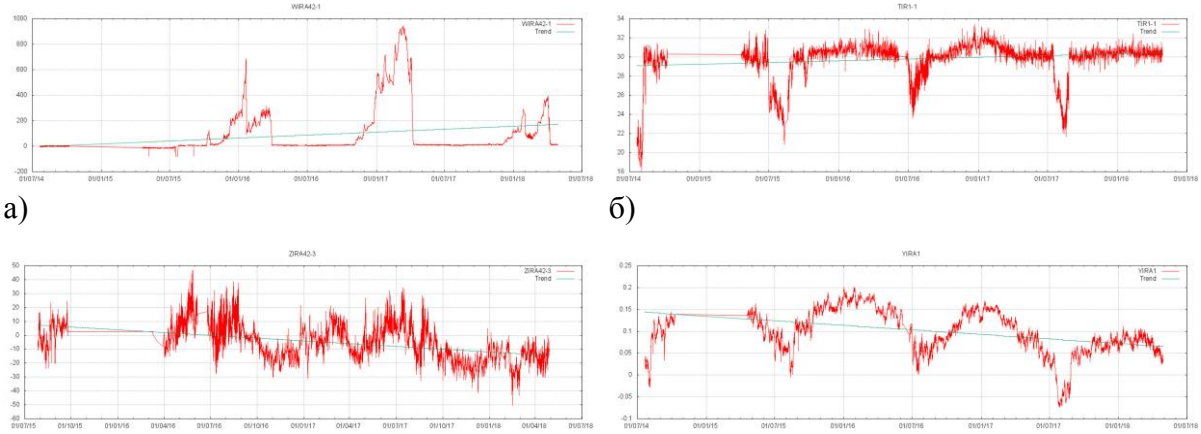
Сервер опроса функционирует под ОС Debian 8. Опрос сети, обработка поступающих сигналов и сигнализация осуществляется посредством OpenSCADA 0.8. Архивация данных проводится в СУБД PostgreSQL 9.6. Предоставление данных в виде сводных таблиц, графиков показаний датчиков выполнено в виде web-станиц. Различные службы, такие как создание резервных копий СМИК и БД, email-рассылки, выполнены с помощью сценариев на языке Python 2.7.



а) б)

Рис. 1 - Общий вид интерфейса разработанного программного обеспечения: а) показания датчиков в реальном времени; б) архивные данные за месяц

За время эксплуатации был накоплен банк данных о поведении несущей конструкции при циклических температурных и снеговых воздействиях. Анализ показаний датчиков позволил опровергнуть влияние балок подвесного потолка на НДС конструкции, но при этом показал наличие влияния стяжки пола на граничные условия. Стоит отметить значительный вклад температуры, который был не учтен при моделировании конструкции. При изменении температуры внутренних помещений наблюдаются значительные, но не превышающие предельных границ, изменения углов наклона стропильных ферм. На рис. 2 представлены показания датчиков в пределах одной фермы.



а) б)

в) г)

Рис. 2 - Графики показаний датчиков на 42-й ферме Блока I СК Олимпия за весь период измерений: а) датчик снеговой нагрузки, кгс/м^2; б) датчик температуры, °С; в) тензодатчик, 10^{-6}; г) датчик угла наклона фермы

На основе полученного за время эксплуатации системы банка данных была произведена корректировка математических моделей Блоков I и II. За счет работы в режиме реального времени, а также реализованной в программной части системы автоматической генерации отчетов и автоматических рассылок, обеспечен высокий реагирования на возможное критическое деформирование ответственных элементов. Реализованная система мониторинга несущей способности конструкций покрытия в совокупности с математическими моделями и периодическим анализом данных позволяет в полной мере контролировать техническое состояние несущих конструкций покрытий.

Список литературы

1. *Козырев А.А., Каган М.М., Константинов К.Н., Панасенко И.Г.* Результаты мониторинга напряжений и деформаций блоковых структур массива горных пород по данным деформационных измерений на геодинамическом полигоне кировского рудника ОАО «Апатит» // Вестник Кольского научного центра РАН, №1, 2013 - С. 11-15.
2. *Епин В.В., Цветков Р.В., Шардаков И.Н.* Деформационный мониторинг фундаментов зданий методом гидростатического нивелирования // Инженерно-строительный журнал, №3, 2015 — С. 21–28.
3. *Хиллер Б., Ямбаев Х.К.* Разработка и натурные испытания автоматизированной системы деформационного мониторинга // Вестник СГУГиТ, вып. 1 (33), 2016. - С. 48-61.
4. ГОСТ 27751-88 Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчёту.
5. СП 16.13330.2011 СНиП II-23-81* Стальные конструкции.
6. ГОСТ Р 22.1.12-2005 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования.

05.11.13

В.В. Корепанов канд. физ.-мат. наук

Институт механики сплошных сред УрО РАН,
Пермь, kvv@icmm.ru

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СО ВСТРОЕННЫМ ОПТИЧЕСКИМ ВОЛОКНОМ

Проведены расчеты по оценке максимальной концентрации напряжений для моделей слоистых полимерных композиционных материалов (ПКМ) для случая растяжения 20-и слойной пластины из однонаправленных композитных волокон вдоль встраиваемого оптического волокна. Рассмотрены варианты укладки оптоволокна между слоями ПКМ с различной ориентацией композитных волокон. Рассмотрены модели ПКМ с учетом смоляного кармана, а также с учетом и без учета клеевых прослоек.

Ключевые слова*: полимерные композиционные материалы, оптические волокна, численное моделирование, смоляной карман.*

Внедрение оптических волокон в структуру композитных материалов открывает принципиально новые возможности для контроля состояния конструкций в процессе их эксплуатации. Неоспоримыми преимуществами оптических волокон являются их малые размеры, в результате чего их можно встраивать между различными слоями композитного материала, образуя тем самым сеть оптических волокон внутри конструкции.

Значительное внимание в современной литературе уделяется численному моделированию влияния встроенных датчиков на механические характеристики композиционных материалов [1]–[2]. Например, в работе [3] аналитическими методами исследуются напряжения и деформации в окрестности оптического волокна при изотропных свойствах композиционного материала. В [4] рассматриваются особенности передачи деформации от материала к оптоволоконному датчику, встроенному в данный материал.

При интегрировании оптоволоконных датчиков слои ПКМ в окрестности волокна искривляются и происходит образование кармана, который заполняется полимерным связующим. Данная подобласть представляет собой технологический дефект, называемый смоляным карманом. Влияние смоляного кармана, заполненного связующим, рассмотрено в ряде работ, в том числе, в [5]-[6].

Как правило, при моделировании различных конструкций из ПКМ, такие материалы рассматриваются как однородная среда с эффективными упругими характеристиками. Однако в силу слоистого строения большинства композитов, широкое распространение получило моделирование композитного материала как объекта, состоящего из пакета слоев. Такой масштабный уровень позволяет учесть различную ориентацию слоев ПКМ. Поэтому целесообразно рассмотреть варианты моделей механического поведения конструкций из ПКМ с учетом ориентации композитных волокон, встраиваемых в композит оптических волокон и смоляных карманов, а также рассмотреть вариант с учетом клеевых прослоек между слоями ПКМ.

Таким образом, в работе рассматриваются 3 основные модели слоистого ПКМ со встроенным оптическим волокном:

- модель с учетом смоляного кармана, свойств каждого слоя, ориентации слоев;
- модель с учетом смоляного кармана, свойств каждого слоя, ориентации слоев и клеевых прослоек между слоями;
- модель изотропного ПКМ с эффективными упругими свойствами с учетом смоляного кармана.

В качестве объекта исследования рассматривается 20-и слойная (без учета клеевых прослоек) пластина из различно ориентированных однонаправленных волокон (рис. 1). Оптическое волокно внедрено между слоями ПКМ с различной ориентацией: [0/0] (рис. 1), [90/90] и [0/90]. В модели без учета клеевой прослойки все слои имеют одинаковую толщину - 200 мкм, в модели с клеевыми прослойками толщина каждого слоя из ПКМ – 180 мкм, толщина клеевой прослойки – 20 мкм. Радиус внедренного оптоволокна без оболочки составляет 62 мкм, защитная оболочка оптоволокна – 12 мкм.

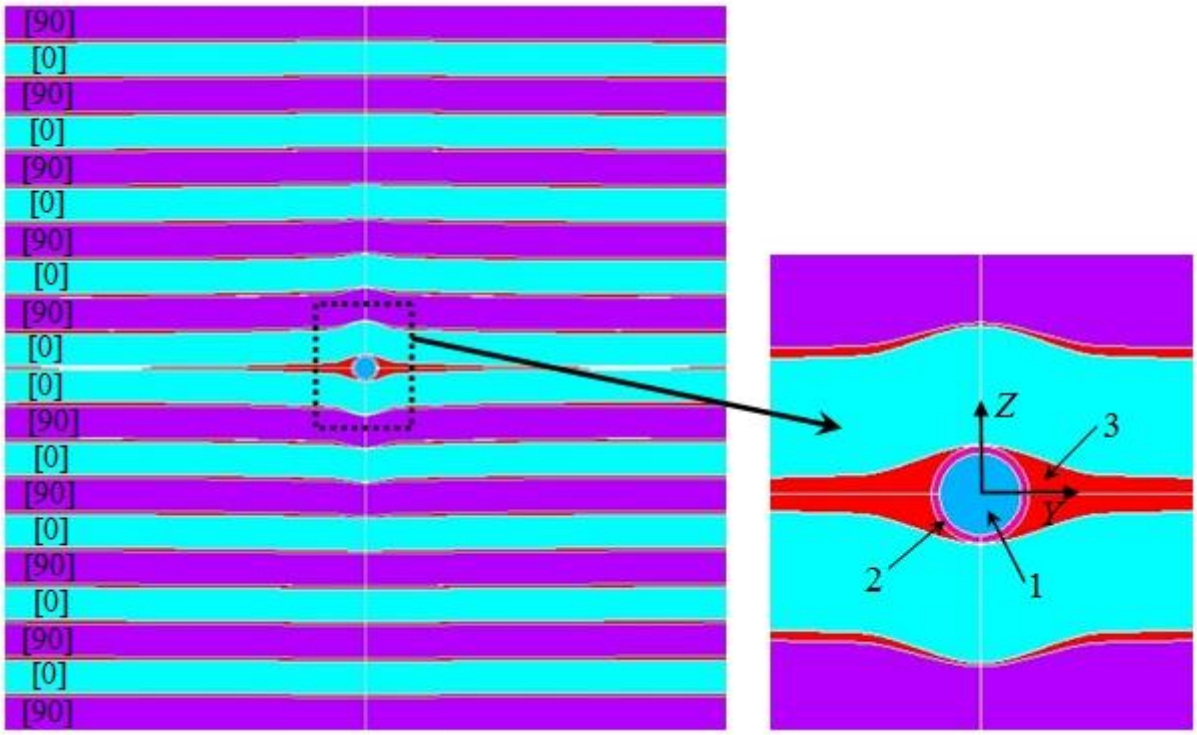


Рис. 1– Модель слоистого ПКМ с учетом клеевых прослоек; 1 – оптическое волокно, 2 – оболочка оптического волокна, 3 – смоляной карман

Механические свойства слоя из композитных волокон представлены в таблице 1, а эффективные механические свойства для всего пакета – в таблице 2. В качестве оптоволокна выбран наиболее распространенный вариант оптоволокна из кварца, который имеет модуль упругости E=71.4 ГПа, коэффициент Пуассона υ=0.17. Защитная оболочка оптоволокна выполнена из полиимида и имеет следующие механические характеристики: E=2 ГПа, υ=0.35. Смоляной карман заполнен эпоксидной смолой с модулем упругости E=2.9 ГПа и коэффициентом Пуассона υ=0.36.

Таблица 1. Механические свойства слоя, состоящего из однонаправленных композитных волокон.

E_x, ГПа	E_y, ГПа	E_z, ГПа	υ_{xy}	υ_{yz}	υ_{xz}	G_{xy}, ГПа	G_{yz}, ГПа	G_{xz}, ГПа
158.5	8.96	8.96	0.45	0.32	0.32	3.0	4.6	4.6

Таблица 2. Эффективные механические характеристики пакета слоев.

E_x, ГПа	E_y, ГПа	E_z, ГПа	υ_{xy}	υ_{yz}	υ_{xz}	G_{xy}, ГПа	G_{yz}, ГПа	G_{xz}, ГПа
70.8	69.0	10.4	0.04	0.46	0.46	4.2	3.4	3.4

Для рассмотренных моделей ПКМ с внедренным оптическим волокном, проведен численный расчет в рамках трехмерной задачи статической теории упругости для случая одноосного нагружения пластины вдоль оптического волокна. Для укладки оптоволокна между слоями ПКМ с ориентацией [0/0] и [90/90] в численных расчетах рассматривалась 1/4 пластины, для укладки [0/90] – 1/2 пластины.

Все численные расчеты проведены в рамках конечно-элементного пакета ANSYS. Нагружение пластины из ПКМ проводилось с помощью кинематических граничных условий. Для всех вариантов расчетов вычислен максимальный коэффициент концентрации напряжений, равный отношению максимальных напряжений к растягивающему напряжению в однородной зоне.

Результаты расчетов по определению максимальных коэффициентов концентрации напряжений для различных вариантов укладки оптоволокна между слоями ПКМ с учетом и без учета клеевых прослоек, а также для варианта расчета модели изотропного ПКМ с эффективными упругими свойствами представлены в таблице 3.

Таблица 3. Максимальные коэффициенты концентрации напряжений для различных моделей ПКМ со встроенным оптоволокном.

	Слоистый ПКМ			ПКМ с эффективными свойствами
	[0/0]	[90/90]	[0/90]	
С учетом клеевых прослоек	2.5	1.5	2.2	
Без учета клеевых прослоек	2.4	1.5	2.0	0.6

Численные расчеты показали, что учет ориентации слоев ПКМ, смоляного кармана, а также клеевых прослоек между слоями ПКМ дают более точную картину локального распределения напряжений и более высокие показатели коэффициента концентрации напряжений, что необходимо учитывать при анализе напряженно-деформированного состояния конструкций из ПКМ с внедренными в них оптическими волокнами.

Список литературы

1. *Hong C. Y., Zhang Y. F., Zhang M. X., Leung L. M. G., Liu L. Q.* Application of FBG sensors for geotechnical health monitoring, a review of sensor design, implementation methods and packaging techniques // Sensors Actuators, A: Phys. – 2016. – Vol. 244. – P. 184–197.

2. *Takeda N*. Recent Development of Structural Health Monitoring Technologies for Aircraft Composite Structures in Japan // Proc. 26th Int. Congr. Aeronaut. Sci. – 2008. – P. 12.

3. *Lee J.-R., Ryu C.-Y., Koo B.-Y., Kang S.-G., Hong C.-S., Kim C.-G.* In-flight health monitoring of a subscale wing using a fiber Bragg grating sensor system // Smart Mater. Struct. – 2003. – Vol. 12. – P. 147–155.

4. *Ghoshal A., Ayers J., Gurvich M., Urban M., Bordick N*. Experimental investigations in embedded sensing of composite components in aerospace vehicles // Compos. Part B: Eng. – 2015. – Vol. 71. – P. 52–62.

5. *Balać I., Milovančević M.* Stress field analysis around optical fiber embedded in composite laminae under transverse loading // FME Trans. – 2006. – Vol. 34, No. 1. – P. 53–56.

6. *Luyckx G., Voet E., DeWaele W., Degrieck J.* Multi-axial strain transfer from laminated CFRP composites to embedded Bragg sensor: I. Parametric study // Smart Mater. Struct. – 2010. – Vol. 19, No. 10. – P. 1–9.

05.11.00

К.В. Собянин, И.Н. Шардаков д-р физ.-мат. наук

Институт механики сплошных сред УрОРАН,
Пермь, k.sobyanin@gmail.com

ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ЦЕНТРА МАСС, В СИСТЕМАХ ПАССИВНОЙ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ

Рассмотрена проблема связанных колебаний в системах пассивной виброизоляции. При наличии связанных форм в системе пассивной виброизоляции поступательные возбуждения провоцируют повороты защищаемого объекта. С целью снижения амплитуд угловых механических колебаний системы пассивной виброизоляции, предложено располагать центр масс защищаемого объекта в некоторой оптимальной точке. Разработана методика для определения оптимальной точки расположения центра масс. Расположение центра масс в оптимальной точке обеспечивает минимальные амплитуды угловых колебаний при произвольных поступательных возбуждениях.

Ключевые слова: *центр упругости, центр крена, оптимальное расположение центра масс, угловые колебания, связанные колебания, пассивная виброизоляция, твердотельная модель, система с нулевой горизонтальной жесткостью, пространственная модель.*

Виброизоляция как способ защиты оборудования или человека от вибраций заключается в снижении передачи колебаний от источника возбуждения к защищаемому объекту путем введения дополнительных связей – виброизоляторов. При моделировании систем виброизоляции распространён подход из теории колебаний, при котором защищаемый объект представляет собой твердое недеформируемое тело. При таком подходе в общем случае система обладает шестью степенями свободы, которые связаны между собой и обмениваются энергией колебаний. Так в случае связанных колебаний возбуждения по одной из степеней свободы могут вызвать колебания всех остальных.

В задачах виброизоляции распространены ситуации, когда важно разделить поступательные и угловые формы колебаний. К таким случаям относятся, например задачи повышения плавности хода, управляемости и устойчивости колесной техники [1,2] и задачи снижения угловых колебаний в системах виброизоляции чувствительных приборных платформ [3,4]. Для снижения связанности поступательных и угловых форм рекомендуется соблюдать симметричность системы виброизоляции [4-6]. Один из наиболее распространенных подходов: совмещение центра масс защищаемого объекта и некоторого «центра упругости» системы виброизоляции [4,6]. Аналогом центра упругости в динамике автомобиля является центр крена (roll center) [2,7].

1. Понятие центра упругости

Под центром упругости системы виброизоляции понимается такая точка, в результате приложения к которой внешней возмущающей силы возникает только линейное перемещение системы. Для определения положения этой точки рассмотрим «систему с нулевой горизонтальной жесткостью» (system with zero horizontal stiffness) [8].

В такой системе защищаемый объект представляет собой твердое тело массы m и моментом инерции J, который закреплен на двух вертикальных пружинах (виброизоляторах) жесткости k1 и k2, расположенных на расстояниях a1 и a2 от центра масс защищаемого объекта. (рис. 1,а).

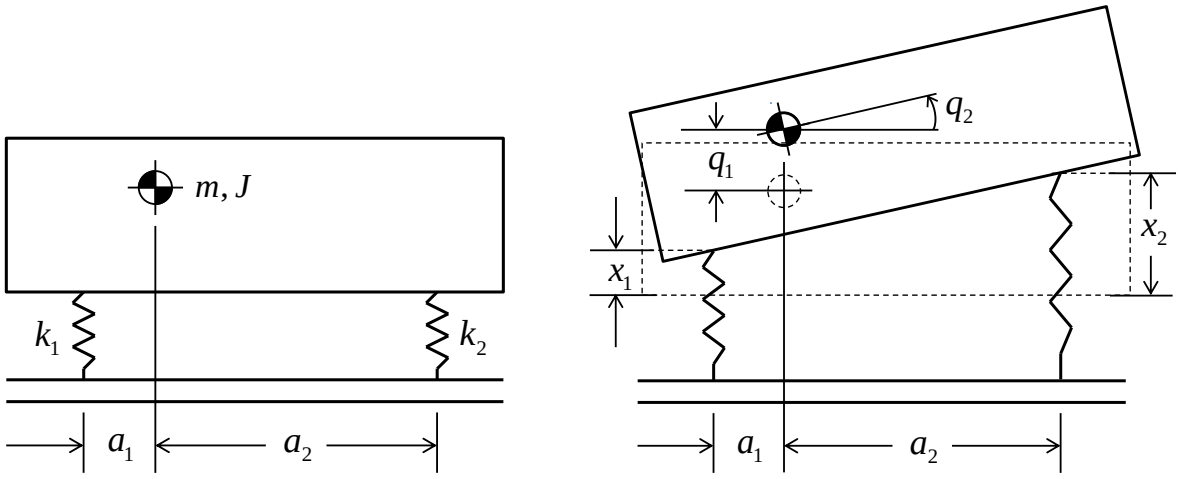
Запишем уравнение Лагранжа второго рода для этой системы. В качестве обобщенных координат выберем смещение центра масс q1 по оси и поворот вокруг центра масс (рис. 1,б).

Тогда кинетическая энергия системы будет записана как

$$T = \frac{1}{2}\left(m \cdot \dot{q}_1^2 + J \cdot \dot{q}_2^2\right). \quad (1)$$

Потенциальная энергия равна суммарной энергии сжатых пружин

$$\Pi = -\frac{1}{2}\left(k_1 x_1^2 + k_2 x_2^2\right), \quad (2)$$



а б

Рис. 1 а – Тело массы m с моментом инерции J поддерживается двумя,
б – Взаимосвязь удлинений пружин x_1, x_2 и обобщенных координат q_1,q_2

где x_1, x_2 – перемещения на каждой из пружин. Если считать что угол q_2 откладывается против часовой стрелки (рис. 1,б), то величины x_1, x_2 можно выразить через q_1, q_2 следующим образом:

$$\begin{aligned} x_1 &= q_1 - a_1 \operatorname{tg} q_2, \\ x_2 &= q_1 + a_2 \operatorname{tg} q_2, \end{aligned} \quad (3)$$

где a_1, a_2 – горизонтальные расстояния от центра масс до соответствующих пружин k_1 и k_2
Если мы рассматриваем малые колебания то (3) можно переписать как:

$$\begin{aligned} x_1 &= q_1 - a_1 q_2, \\ x_2 &= q_1 + a_2 q_2. \end{aligned} \quad (4)$$

Потенциальная энергия в обобщенных координатах:

$$\Pi = -\frac{1}{2} q_1^2 \left(k_1 + k_2\right) + q_1 q_2 \left(a_1 k_1 - a_2 k_2\right) - \frac{1}{2} q_2^2 \left(a_1^2 k_1 + a_2^2 k_2\right). \quad (5)$$

Уравнение Лагранжа второго рода:

$$\begin{cases} \ddot{q}_1 m + q_1 \left(k_1 + k_2\right) - q_2 \left(a_1 k_1 - a_2 k_2\right) = 0, \\ \ddot{q}_2 J - q_1 \left(a_1 k_1 - a_2 k_2\right) + q_2 \left(a_1^2 k_1 + a_2^2 k_2\right) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Не трудно заметить, что при выполнении условия

$$a_1 k_1 - a_2 k_2 = 0 \quad (7)$$

система дифференциальных уравнений (6) распадается на два независимых уравнения:

$$\begin{cases} \ddot{q}_1 m + q_1 K_1 = 0, \\ \ddot{q}_2 J + q_2 K_2 = 0, \end{cases} \quad (8)$$

где $K_1 = \left(k_1 + k_2\right)$, $K_2 = \left(a_1^2 k_1 + a_2^2 k_2\right)$ – обобщенные жесткости системы.

В этом случае внешние продольные возбуждения не будут вызвать вращательных колебаний и наоборот: вращательные возбуждения не будут провоцировать продольных колебаний.

Легко видеть, что и в случае больших амплитуд при выполнении условия (7) уравнения Лагранжа второго рода для такой системы будут иметь вид (8).

Для системы вида (С) колебания в осевом направлении эквивалентны колебаниям системы с одной пружиной жесткости K_1. Условие (7) является условием равенства моментов реакций пружин k_1 и k_2 относительно центра масс. Т.о. поиск центра упругости сводится к поиску точки, относительно которой достигается равенство моментов реакций.

Несколько иной подход к описанию той же точки представлен в работе [6], в которой используется представление об осях жесткости [9]. Ось жесткости – линия параллельная соответствующей оси координат, которая проходит вдоль равнодействующей проекций сил реакций упругих элементов. Реакции возникают вследствие поступательного единичного перемещения тела в той же координатной оси. Роль центра упругости выполняет точка, лежащая на пересечении трех осей жесткости («главный центр жесткости»).

2. Существование центра упругости.

Рассмотрим некоторую произвольную пространственную систему пассивной виброизоляции, состоящую из защищаемого объекта и n упругих виброизоляторов (Рис.2).

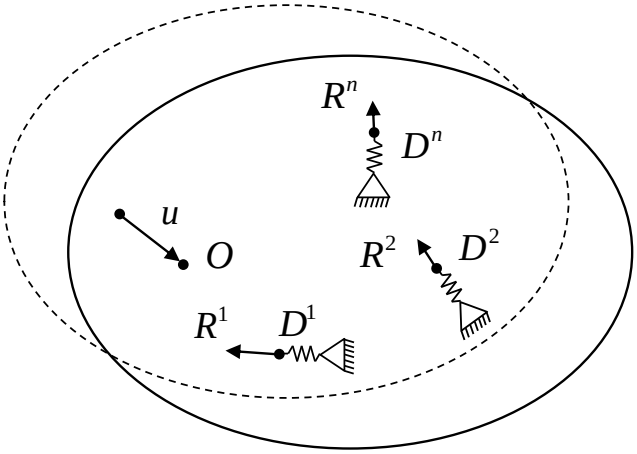


Рис. 2 – Пространственная система пассивной виброизоляции. O – центр приведения D^i – точка крепления i-го виброизолятора к защищаемому объекту, R^i – реакция i-го виброизолятора, на перемещении u

Для существования центра упругости в такой системе необходимо выполнение условия равенства главного момента $M \equiv 0$ (9) нулю при произвольном смещении u для некоторой точки O с координатами $\{x;y;z\}$:

$$M = \sum_{i=1}^{n} OD^i \times R^i \tag{9}$$

где: M – вектор момента; n – количество виброизоляторов; $D^i = \{x_i; y_i; z_i\}$ – радиус-вектор точки крепления i-го виброизолятора; $OD^i = D^i - O$; R^i – реакция в i-ом виброизоляторе.

Как известно из теоретической механики, для пространственной системы сил главный момент может быть равен нулю только в случае, когда линии действия всех сил пересекаются в одной точке, либо параллельны друг другу. Поэтому в общем случае для произвольной системы, центра упругости не существует.

Однако, можно утверждать, что существует некоторое множество оптимальных точек Ω относительно которых минимален момент реакций при произвольном смещении u.

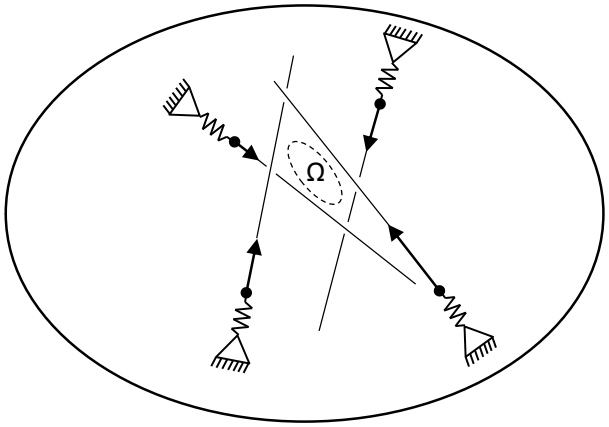


Рис. 3 – Множество точек оптимального расположения центра масс защищаемого объекта вписано между линиями действия реакций виброизоляторов

Множество Ω вписано между линиями действия реакций (рис. 3), и в случае, когда линии действия пересекаются в одной точке, вырождается до единственной точки - центра упругости.

3. Определение оптимальной точки.

Оптимальной точкой расположения центра масс назовём точку, относительно которой момент, вызванный реакциями во всех виброизоляторах, минимален при любом направлении вектора перемещений.

Будем считать, что виброизолятор ортотропный и у него есть 3 выраженных ортогональных направления (рис. 4). Тогда ориентация *i*-го виброизолятора задается тремя единичными векторами V_j^i, здесь верхний индекс определяет принадлежность к виброизолятору, а нижний к направлению. Пусть в каждом *j*-ом направлении *i*-й виброизолятор обладает жесткостью c_j^i.

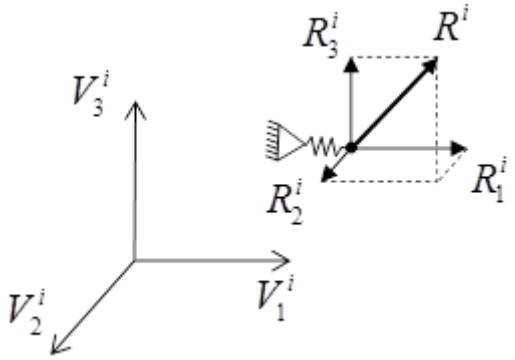


Рис. 4 – Реакция R^i *i*-ого виброизолятора и её проекции R_j^i на оси V_j^i

На некотором перемещении *u* реакция *i*-го виброизолятора будет иметь вид:

$$R^i = \sum_{j=1}^{3} c_j^i \left(u \cdot V_j^i\right) V_j^i \tag{10}$$

С помощью тождественных преобразований, произвольный вектор перемещений *u* может быть вынесен за знак суммы:

$$R^i = u \cdot \left(\sum_{j=1}^{3} c_j^i V_j^i \otimes V_j^i \right). \tag{11}$$

Тогда выражение (9) можно переписать в виде

$$M = \sum_{i=1}^{n} OD^i \times \left(u \cdot \left(\sum_{j=1}^{3} c_j^i V_j^i \otimes V_j^i \right) \right) \quad (12)$$

или

$$M = \left(\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{3} c_j^i V_j^i \otimes V_j^i \times OD^i \right) \cdot u. \quad (13)$$

Величина в скобках является матрицей 3x3. Обозначим ее символом *A*. Компоненты этой матрицы являются функциями координат искомой точки *O*. Вектор перемещения можно представить в виде произведения длины на его направление $\mathrm{u} = |\mathrm{u}|\,\mathrm{e}^{\mathrm{u}}$, при этом $|\mathrm{e}^{\mathrm{u}}| = 1$. Суммарный момент с учетом введенных обозначений примет вид:

$$M = A \cdot |u|\, e^u. \quad (14)$$

В силу произвольности вектора u, минимум вектора *M* будет достигаться, когда произведение $e^u \cdot A$ будет минимальным. Покомпонентная запись матрицы *A* и вектора e^u имеют вид:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}, u = \begin{Bmatrix} e_x^u \\ e_y^u \\ e_z^u \end{Bmatrix}. \quad (15)$$

Квадрат длинны вектора $A \cdot e^u$ в покомпонентной форме имеет вид:

$$\left| A \cdot e^u \right|^2 = \left(a_{11} e_x^u + a_{12} e_y^u + a_{13} e_z^u \right)^2 + \left(a_{21} e_x^u + a_{22} e_y^u + a_{23} e_z^u \right)^2 + \left(a_{31} e_x^u + a_{32} e_y^u + a_{33} e_z^u \right)^2. \quad (16)$$

Введем оценку сверху *f(x,y,z)* такую, что:

$$\forall e^u \in \{ v \in R^3 : |v| = 1 \} : f(x, y, z) \geq \left| A \cdot e^u \right|^2. \quad (17)$$

Легко видеть, что условию (17) удовлетворяет функция следующего вида:

$$f(x, y, z) = \left(|a_{11}| + |a_{12}| + |a_{13}| \right)^2 + \left(|a_{21}| + |a_{22}| + |a_{23}| \right)^2 + \left(|a_{31}| + |a_{32}| + |a_{33}| \right)^2. \quad (18)$$

Минимизируя функцию *f(x,y,z)*, не трудно найти точку оптимального расположения центра масс $r_o = \{x_o, y_o, z_o\}$.

Заключение

Определены ограничения применяемого в технике подхода по совмещению центра масс защищаемого объекта и центра упругости системы. Представлен универсальный подход снижения связанности поступательных и угловых колебаний в пространственных системах пассивной виброизоляции. Предложена и обоснована оптимальная точка расположения центра масс защищаемого объекта для произвольной пространственной системы виброизоляции. Предложена функция, экстремумом которого является оптимальная точка расположения центра масс.

Представленная методика может быть использована для проектирования как пассивных, так и активных систем виброизоляции для защиты человека или приборных платформ чувствительных к угловым колебаниям.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Комплексной программы фундаментальных исследований Уральского отделения РАН в рамках проекта № 18-11-1-10 «Исследование колебательных процессов в виброчувствительных приборах и разработка подходов и средств их виброизоляции».

Список литературы

1. *Литвинов А.С.* Управляемость и устойчивость автомобиля – М.: Машиностроение, 1971, – 416 с.
2. *Gillespie T. D.* Fundamentals of Vehicle Dynamics. 1992: Society of Automotive Engineers //Inc., Warrendale, PA, ISBN. – С. 1-56091.
3. *J. Lee, P.W. Whaley,* Prediction of the angular vibration of aircraft structures //Journal of Sound and Vibration, Volume 49, Issue 4, 1976, Pages 541-549.
4. *Ильинский, В.С.* Защита РЭА и прецизионного оборудования от динамических воздействий/В.С. Ильинский – М.: Радио и связь, 1982. – 296 с.
5. *Jihyun Lee, Chinedum E. Okwudire* Reduction of vibrations of passively-isolated ultra-precision manufacturing machines using mode coupling, Precision Engineering, Volume 43, January 2016, Pages 164-177.
6. *Ганиев Р. Ф., Кононенко В. О.* Колебания твердых тел. – Наука, 1976, – 432 с
7. *Abe, Masato* Vehicle Body Roll and Vehicle Dynamics //Vehicle Handling Dynamics (2015): 153–186. doi:
8. *Crocker M. J.* (ed.). Handbook of noise and vibration control.–John Wiley & Sons, 2007–1577 p.
9. *Найденко О.К., Петров П.П.* Амортизация судовых двигателей и механизмов – Л.: Судпромгиз, 1962. - 288 с.

05.11.07

А.А. Талипов канд. техн. наук, К.С. Мельник

Казанский квантовый центр “КАИ-Квант”,
Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева,
Казань, talipov.anvar@gmail.com

РЕЖИМЫ ГЕНЕРАЦИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭФФЕКТОВ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ В МИКРОСТРУКТУРИРОВАННОМ ВОЛОКНЕ SC-5.0-1040

При поиске фотонных пар необходимо исследование спектров, генерируемых в микроструктурированном волокне нелинейных процессов, в том числе для различения эффекта четырехволнового смешения, в результате которого рождаются сигнальный и холостой фотоны. В статье показана генерация некоторых нелинейных эффектов лазерными импульсами в фотонно-кристаллическом волокне SC-5.0-1040.

Ключевые слова: *Фазовая самомодуляция, рамановское рассеяние, солитоны, спонтанное четырехволновое смешение, микроструктурированное волокно.*

Введение

Микроструктурированные волокна являются эффективной средой генерации нелинейных процессов. Так оболочка фотонно-кристаллического волокна с высокой нелинейностью состоит из заполненных воздухом отверстий, симметрично расположенных относительно сердцевины [1]. Материалом сердцевины обычно является кварц. Оптические волокна такого типа позволяют активно формировать сложные частотные профили дисперсии, а также получать различные нелинейные процессы в волокнах небольшой длины [2]. Геометрия волокна определяет нулевую дисперсию в видимом и ИК диапазонах. ФКВ имеют следующие преимущества: одномодовый режим в широком диапазоне, управляемая ДГС, поддержание поляризации, высокое значение нелинейности [3].

Нелинейность коэффициента преломления базируется на восприимчивости третьего порядка χ^3, которая определяет нелинейное соотношение поляризационного отклика P материала на свет с компонентой электрического поля E [4]. Эффект фазовой самомодуляции возникает вследствие нелинейности показателя преломления, его зависимости от интенсивности. Фазовая самомодуляция при распространении импульса по нелинейной диэлектрической среде имеет существенное влияние на его спектральные характеристики [5]. Так как разные участки импульса испытывают различный дополнительный фазовый набег, то это приводит к частотной модуляции и спектральному уширению импульса [6]. Рамановское рассеяние, базирующееся на взаимодействии фотонов с оптическими фононами, в оптических волокнах характеризуется как нелинейный процесс, имеющий усиление на смещенной частоте обычно 13 ТГц [7]. При совместном действии фазовой самомодуляции и дисперсии групповых скоростей в области аномальной дисперсии волокна формируется солитонный режим распространения импульсов, а в области нормальной дисперсии действие этих эффектов может применяться для компрессии импульсов [8].

Эксперимент

Для генерации нелинейных эффектов в фотонно-кристаллическом волокне SC-5.0-1040 была создана экспериментальная установка, структурная схема которой представлена на рис.1.

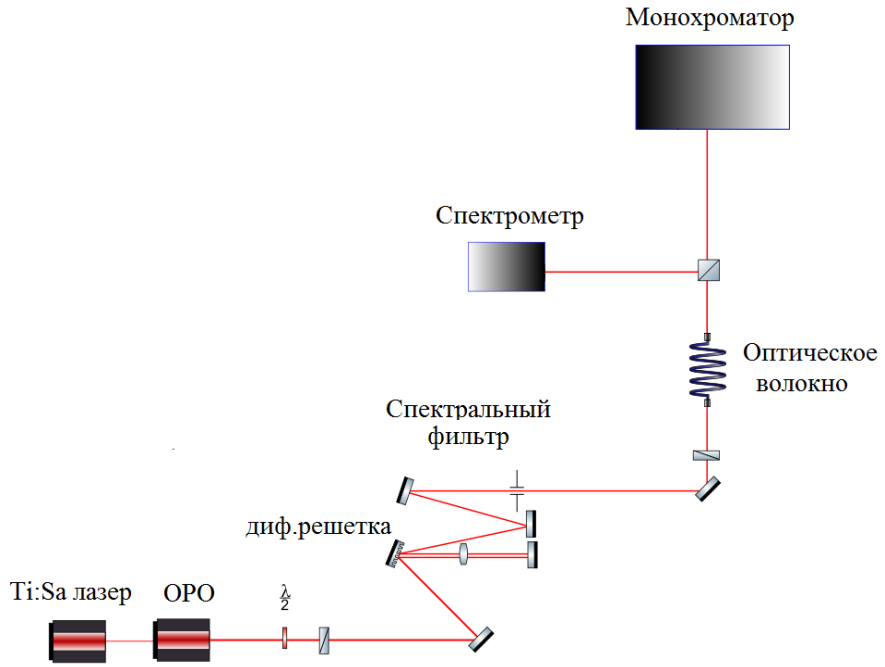
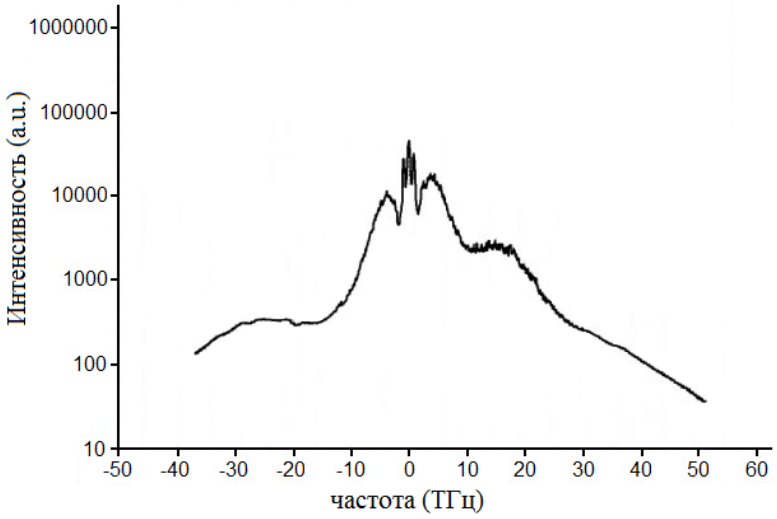


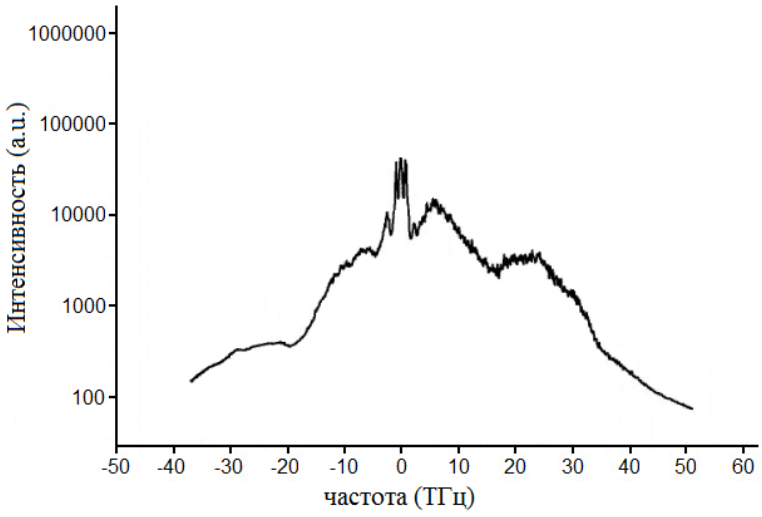
Рис. 1 – Экспериментальная установка для генерации нелинейных эффектов в микроструктурированном волокне SC-5.0-1040

Излучение от титан-сапфирового лазера Mira 900-F, обеспечивающего генерацию импульсов длительностью 150 фс. при частоте повторения 76 МГц. и центральной длине волны 798 нм., подается на параметрический осциллятор Mira OPO для перестройки длины волны близкой к нулю дисперсии микроструктурированного волокна. С выхода параметрического генератора излучение подается на спектральный фильтр на основе дифракционной решётки, предназначенной для регулирования спектральной ширины импульса накачки, в нашем случае для сужения ширины полосы накачки до ~ 5 нм. Далее лазерное излучение мощностью 1÷10 мВт. заводится в нелинейное волокно SC-5.0-1040. длиной 2 м., диаметром сердцевины 4.8 ±0.2 мкм., длиной волны нулевой дисперсии 1040 ±15 нм. С выхода микроструктурированного волокна излучение разделяется по двум путям: одна часть идет на спектрометр Ocean Optics 4000, применяемого преимущественно для контроля накачки, другая на монохроматор M266 Solar LS, имеющий высокочувствительную камеру под диапазон 300 -1200 нм.

При накачке с длиной волны 1042 нм. и полушириной ~ 5 нм. наблюдалось несколько нелинейных процессов, в том числе предположительно компоненты Рамановского рассеяния, которые обычно имеют отстройку в 13 ТГц. Полученные спектры представлены на рис. 2. С ростом мощности накачки спектры уширяются. Мощность контролировалась на выходе волокна. Положение трех центральных узких линий с отстройкой ±0,8 ТГц не меняется с ростом накачки, генерации линий обусловлена эффектом фазовой самомодуляции. При работе в аномальной области при определенной ширине излучения накачки можно наблюдать нелинейный эффект вблизи 900 нм., схожий с генерацией солитона, показанный на рис. 3, который стабильно возникает при различных длинах волн накачки 1050÷1100 нм. и мощности ~ 10 мВт.



а



б

Рис. 2 – Каскад нелинейных процессов при мощности 8 мВт. (а) и 9 мВт. (б)

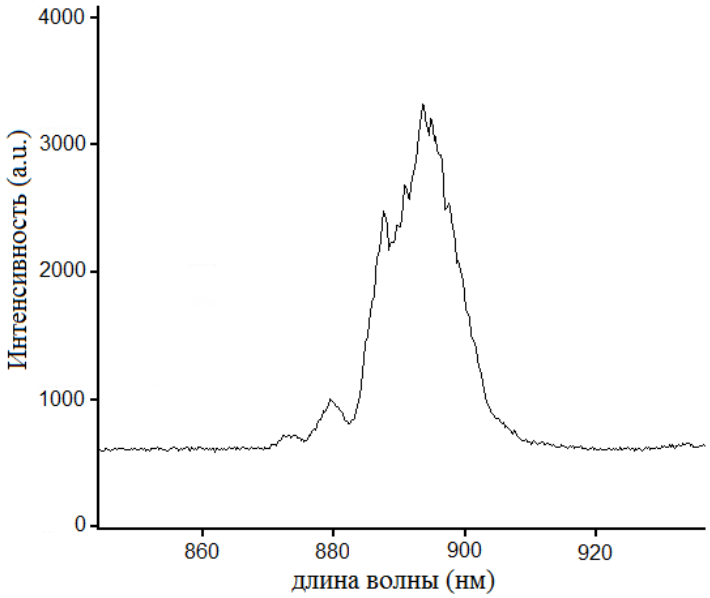


Рис. 3 – Нелинейный эффект в области 900 нм., схожий с генерацией солитона

Заключение

В работе показана генерация нелинейных эффектов в коммерческом микроструктурированном волокне SC-5.0-1040, представлена схема экспериментальной установки. При накачке в нормальную область волокна даже при малых мощностях возникает эффект фазовой самомодуляции, а с ростом мощности при длине волны накачки 1042 нм. наблюдалось несколько нелинейных процессов. Сгенерированные спектры необходимы в частности для различения компонент четырехволнового смешения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-32-60054 мол_а_дк.

Список литературы

1. *Желтиков А.М.* Микроструктурированные световоды для нового поколения волоконно-оптических источников и преобразователей световых импульсов / А. М. Желтиков // Успехи физических наук. – 2007, Т. 177, № 7, С.738-762.
2. *Dudley J.M.* Supercontinuum generation in photonic crystal fiber / J.M. Dudley, G. Genty, S. Coen // Rev. Mod. Phys. – 2006, 78, 1135.
3. *Poli F.* Photonic Crystal Fibers: Properties and Applications / F. Poli, A. Cucinotta, S. Selleri // Springer Science & Business Media, 2007. – 236 p.
4. *Migdall A.* Single-Photon Generation and detection. Experimental Methods in the Physical Sciences / A. Migdall, S.V. Polyakov, J. Fan, J.C. Bienfang // Elsevier, Oxford, 2013. – 624 p.
5. *Veith G.* Self-phase modulation in optical fibers / G. Veith // SPIE Advanced Optoelectronic Technology. – 1987, V. 864, P. 154-161.
6. *Воронин В.Г., Наний О.Е.* Основы нелинейной волоконной оптики: учебное пособие / Москва: Университетская книга, 2011. – 128 с.: ил.
7. *Singh S.P.* Nonlinear scattering effects in optical fibers / S.P. Singh, R. Gangwar, N. Singh. // Progress In Electromagnetics Research. – 2007, 74, P. 379–405.
8. *Agrawal G.P.* Nonlinear Fiber Optics. 5th edition / Elsevier, Academic Press, 2012. – 648 p.

05.11.13

[1]А.Г. Шляхова канд. техн. наук, [2]А.Т. Шляхов канд. физ.-мат. наук,
[2]Х.С. Биктимирова канд. экон. наук, [2]М.Р. Магдеева канд. экон. наук

[1]Альметьевский государственный нефтяной институт,
энергомеханический факультет,
кафедра нефтегазового оборудования и технологии машиностроения,
Альметьевск,
[2]Казанский Кооперативный Институт Российского Университета Кооперации,
кафедра естественных дисциплин сервиса и туризма,
Казань, 9274573382@ mail.ru

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАТЕНТА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ № 2561335

Разработан термический анализ (ТА), основанный на авторской дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК), сочетающей высокую чувствительность порог обнаруживаемой мощности 10^{-7}Вт с уникальным быстродействием 10^{-2}с. В качестве теплового сенсора применена батарея из анизотропных термоэлементов (АТЭ) из висмута. При термическом анализе арсенида галлия m=1мг, приготовленного в виде порошка, дисперсность которого 0,1мг, зарегистрированы отклики при кристаллизации микровключений галлия на уровне 0,15мкВт, что соответствует абсолютной и относительной чувствительности на уровне 10^{-10}г и 10^{-5}%, соответственно. Получен патент на изобретение.

Ключевые слова: *термический анализ веществ (ТА), дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК), анизотропный термоэлемент, микровключения, чувствительность, дифференциальный микрокалориметр, фазовый переход, плавление, кристаллизация, патент.*

Актуальность. Во многих случаях ТА не применим, так как существенным недостатком метода является низкая относительная и абсолютная чувствительность на уровне 1 % и 10^{-3} г, соответственно [1].

С конца XX века интенсивно разрабатываются новые виды тепловых сенсоров: на основе анизотропных термоэлементов, сочетающие быстродействие и чувствительность [2].

Эксперимент. Применение новых тепловых датчиков, основанных на АТЭ из висмута, позволило авторам разработать и изготовить быстродействующий дифференциальный микрокалориметр. С рабочими параметрами: быстродействие 10^{-2}с., вольт-ваттная чувствительность 10-15 мВ/Вт, минимально обнаруживаемая мощность10^{-7} Вт, обьем реакционной камеры 0,03-0,1 см^3, рабочий интервал температур 100-400 К [2-8].

Перспективной методикой определения содержания галлиевых включений является дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК). Данный метод включает измерение дифференциального теплового потока при непрерывном уменьшении температуры, при этом измерение дифференциального теплового потока осуществляется при условии $\tau_{яч} \leq \tau_{крист}$, где $\tau_{яч}$ - быстродействие калориметра (ячейки), $\tau_{крист}$ – время кристаллизации включений [2].

Целью изобретения [7] является повышение чувствительности определения содержания металлических микровключений в арсениде галлия. При этом эталон и исследуемый образец, приготовленный в виде порошка массой ≤1 мг с дисперсностью ≈0,1 мг, располагают непосредственно на тепловых сенсорах. Нагревают воздействием инфракрасного лазера с длиной волны 10,6 мкм в течение 1-5 секунд на 100-200 градусов выше температуры плавления микровключений галлия. Затем с такой же скоростью осуществляют закалку расплава галлия с образованием жидкой фазы β-Ga. Далее снимают искомую зависимость

при термоэлектрическом охлаждении в области температур кристаллизации фазы β-Ga при температуре -25°С и при превращении β-Ga в α-Ga при температуре -90°С. Впервые экспериментально показано, что разрешение теплового спектра при термическом анализе сравнимо по чувствительности с результатами спектрального анализа (рис.1).

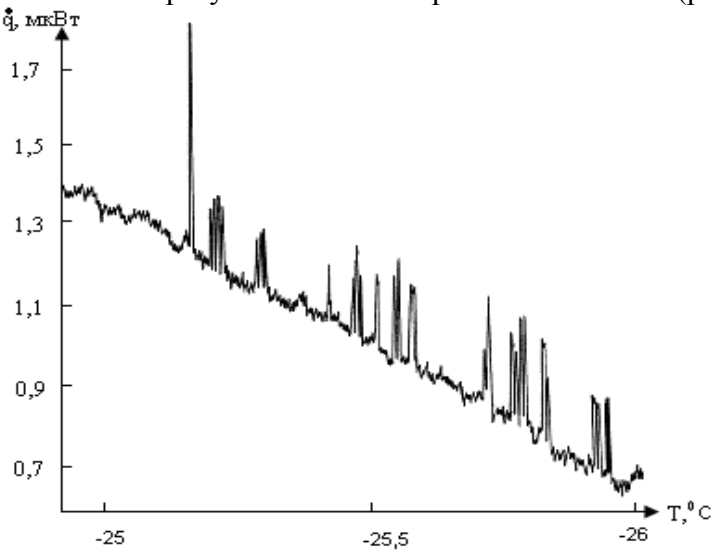


Рис. 1. Теплограмма GaAs: Te (пики на кривой ДСК соответствуют кристаллизации микровключений галлия). Условия эксперимента: масса пробы, приготовленной в виде порошка с дисперсностью ≈ 0,1 мг, равна ≈ 1 мг; скорость охлаждения v = 0,2 град/мин.

При пробе GaAs≈1мг, приготовленного в виде порошка, дисперсность которого≈0,1мг, зарегистрированы отклики при кристаллизации включений β-галлия на уровне≈0,15мкВт, что соответствует массе галлия 10^{-10}г. при чувствительности 10^{-5}%.

Для определения стоимости изобретения и дальнейшей его коммерциализации необходимо применить Метод создания стоимости нематериальных активов.

При создании нематериального актива необходимо учитывать следующие затраты [9]:

- на поисковые работы и разработку темы;
- на создание экспериментальных образцов;
- на услуги сторонних организаций (например, на выявление ОИС, за выдачу охранных документов);
- на уплату патентных пошлин (поддержание патента в силе);
- на создание конструкторско-технической, технологической, проектной документации;
- на составление и утверждение отчета.

Таблица 1

Расчет стоимости изобретения (разработка быстродействующего микрокалориметра и исследования по термическому анализу веществ)

Показатели	Сумма, руб.
1.Зр — стоимость разработки нематериального актива, (в денежн. ед.);	240000
1.1. Знир — затраты на проведение НИР (в денежн. ед.);	40000
1.1.1. Зп — затраты на поисковые работы, (в денежн. ед.);	40000
1.1.2 Зти — затраты на проведение теоретических исследований, (в денежн. ед.);	40000
1.1.3. Зэ — затраты на проведение экспериментов, (в денежн. ед.);	40000
1.1.4. Зо — затраты на составление, рассмотрение и утверждение отчета, (в денежн. ед.);	40000
1.1.5. Зи — затраты на проведение испытаний, (спец. оборудование);	20000
1.1.6. Здр — другие затраты, (материалы, сырье, комплектующие)	20000

1.2. Зктд — затраты на разработку конструкторско-технической, технологической и (или) проектной документации, связанные с созданием объекта, (в денежн. ед.);	110000
1.2.1 Зэп — затраты на выполнение эскизного проекта, (в денежн. ед.);	15000
1.2.2. Зтп — затраты на выполнение технического проекта, (в денежн. ед.);	15000
1.2.3 Зрп — затраты на выполнение рабочего проекта, (в денежн. ед.);	15000
1.2.4 Зр — затраты на выполнение расчетов, (в денежн. ед.);	15000
1.2.5 Зи — затраты на проведение испытаний, (в денежн. ед.);	15000
1.2.6 Зан — затраты на проведение авторского надзора, (в денежн. ед.);	20000
1.2.7 Зд — затраты на дизайн, (в денежн. ед.);	15000
2. Зпо — затраты на правовую охрану объекта, руб. (в денежн. ед);	50 000
3. Р — рентабельность в %;	20
4. Кд — коэффициент дисконтирования, с помощью которого разновременные затраты приводятся к единому моменту времени;	0,84
5. З с - сумма всех затрат, связанных с созданием и охраной нематериального актива, (в денежн. ед.)	403200
6. Кмс – коэффициент морального старения	0,9
6.1. Тд - срок действия охранного документа по состоянию на расчетный год	1
6.2. Тн— номинальный срок действия охранного документа	10
7. Кт — коэффициент технико-экономической значимости (определяется только для изобретений и полезных моделей);	2,5
8. Ки — коэффициент, отражающий процессы в i-м году, учитывается на основе динамики цен.	0,554
Со — стоимость объекта (нематериального актива)	502589

Стоимость объекта нематериального актива (разработка быстродействующего микрокалориметра и исследования по термическому анализу веществ) – 502589 рублей. Срок окупаемости проекта 1 год.

ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ технического уровня серийно выпускаемых калориметров и установлено, что для контроля степени чистоты веществ требуется разработка теплофизических приборов, сочетающих быстродействие и чувствительность. Разработаны критерии и требования к термическому анализу и анализируемым образцам. Установлено, что оптимальным методом для термического анализа веществ с высокой разрешающей способностью является ДСК с использованием малых навесок (m ≈ 0,01 мг.) и малых скоростей нагрева (0,1 - 1) град/мин.

2. Разработан и изготовлен дифференциальный микрокалориметр на АТЭ из висмута, с параметрами, сочетающими высокую чувствительность (порог 10^{-7} Вт) с высоким быстродействием (10^{-2} с), превосходящим на два порядка параметры известных калориметров. Установлено, что ТА веществ, основанный на ДСК с использованием АТЭ из висмута, способен при пробе анализируемого вещества ≈ 1 мг обеспечить относительнаю чувствительность определения галлиевых включений на уровне 10^{-5} % при абсолютной чувствительности 10^{-10} г. т.е. на порядки улучшен основной показатель ТА-чувствтельность. Получен патент на изобретение. Работа представлена на конкурс «Пятьдесят лучших инновационных идей для Республики Татарстан».

Список литературы

1. *Уэндланд У*. Термические методы анализа. /М.: Мир, 1978. - 526 с.
2. А.с. 1704050 СССР, МКИ G01N 25/02. Способ определения содержания примеси в веществах // Шляхов А.Т., Греков Ю.Б., Дивин Н.П., Ярославцев Н.П. Опубликовано: 07.01.92. Бюл. №1.
3. *Семиколенова Н. А., Чернуха О. Е., Шляхова А. Г., Шляхов А. Т.* Оптимизация термического анализа веществ // Вестник Омского университета -2004- №3- С.54-56
4. *Шляхова А.Г.* Дифференциально-сканирующая калориметрия для контроля качества арсенида галлия// Изв. ВУЗов: Проблемы энергетики. - 2006. - №11-12. - С.104-107.
5. *Шляхова А.Г., Галимов Э.Р., Шляхов А.Т.* Разработка высокочувствительных и быстродействующих калориметрических устройств для изучения тепловых процессов // Изв. ВУЗов: Проблемы энергетики -2007. - №3-4. С. 125-129.
6. *Шляхова А.Г., Шляхов А. Т., Галимов Э.Р.* Калориметрическое исследование включений матричного металла в GaAs:Te. // Ученые записки Альметьевского нефтяного института. – 2006. -т.4. -С.423-432.
7. Патент №2561335 (RU) Способ определения содержания металлических микровключений в полупроводниковых материалах // Шляхов А.Т., Шляхова А.Г. Опубликовано: 27.08.15. Бюл. №24
8. *Шляхова А.Г., Шляхов А.Т.* Термический анализ веществ: идеи, реализации, результаты // Научно-технический вестник Поволжья. -2018-№3-С.33-36.
9. *Найденов Л.И.* Оценка стоимости нематеринальных активов / Л.И. Найденов. – Казань.: Познание, 2009. – 208 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (05.13.00)

05.13.00

А.Н. Афонин д-р техн. наук, Р.Г. Асадуллаев канд. техн. наук, М.А. Ситникова канд. педагог. наук

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, институт инженерных и цифровых технологий, Белгород, afonin@bsu.edu.ru, asadullaev@bsu.edu.ru

АНАЛИЗ ДАННЫХ fNIRS-ТОМОГРАФА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОТЕЗАМИ КОНЕЧНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕРФЕЙСА МОЗГ-КОМПЬЮТЕР

В работе представлены результаты исследования мозговой активности при движениях кистей рук с помощью fNIRS-томографии. Разработаны средства анализа и визуализации данных fNIRS-томографии. Подтверждена возможность выявления данным методом паттернов движений. Показана перспективность применения fNIRS-томографии для создания интерфейсов мозг-компьютер при управлении бионическими протезами конечностей.

Ключевые слова: *анализ многомерных данных, бионические протезы, fNIRS-томография, интерфейс мозг-компьютер, нейротехнологии.*

Бионические протезы позволяют значительно повысить качество жизни инвалидов, обеспечивая максимально возможное восстановление функций утраченных конечностей. Однако, управление данными протезами представляет собой существенную проблему. Известные технологии, основанные на использовании электромиографических (ЭМГ) датчиков, могут успешно применяться только при условии хорошей сохранности остаточных мышц культи, служащих источником электрических сигналов для управления протезом [1]. При отсутствии или атрофии остаточных мышц применение ЭМГ датчиков становится невозможным. В данном случае управление бионическим протезами возможно только с помощью интерфейсов мозг-компьютер.

На сегодняшний день успешное управление манипуляторами сигналами непосредственно от головного мозга реализовано только в экспериментах с обезьянами с помощью инвазивных интерфейсов. Реализация таких интерфейсов на человеческом мозге неприемлема по этическим соображениям. Попытки применения для управления бионическими протезами неинвазивных интерфейсов мозг-компьютер на основе электоэнцефалографии (ЭЭГ) пока не привели к успешным результатам вследствие того, что выделить из общего электромагнитного фона на поверхности головы паттерны отдельных движений крайне затруднительно [2-4].

В настоящее время все более широкое применение для исследования мозга находит fNIRS-томография [5, 6]. fNIRS-томография основана на fNIRS (functional near-infrared spectroscopy) – функциональной спектроскопии в ближнем инфракрасном диапазоне и использует околоинфракрасное излучение для измерения оптического спектра абсорбции гемоглобина в зависимости от насыщения мозга кислородом в отдельных участках головного мозга. При проведении исследований использовался портативный томограф NIRSport Model 88, выпускаемый компанией NIRx Medical Technologies (Германия). Данные снимались с теменных областей мозга, ответственных за двигательную активность.

В ходе эксперимента оценивалась мозговая активация при физическом и мысленно представляемом сжатии кистей рук. Эксперимент происходил следующим образом: испытуемые последовательно сжимали кисть левой руки, затем мысленно представляли сжатие кисти левой руки; после этого то же самое выполнялось для кисти правой руки. При этом команды выполнялись с временным шагом в 10 секунд. На рисунке 1 представлены данные с 1 канала, отражающие гемодинамическую реакцию (концентрацию

оксигемоглобина (oxyHb)) в течении 10 секунд на команду физически сжать руку в кулак.

Дальнейшая обработка данных, подразумевает выделение паттернов, отражающих действия кисти и обучение нейронной сети распознавать паттерны в режиме реального времени. Таким образом, для формирования обучающей выборки необходимо нормировать и сгладить данные, полученные с 20 каналов.

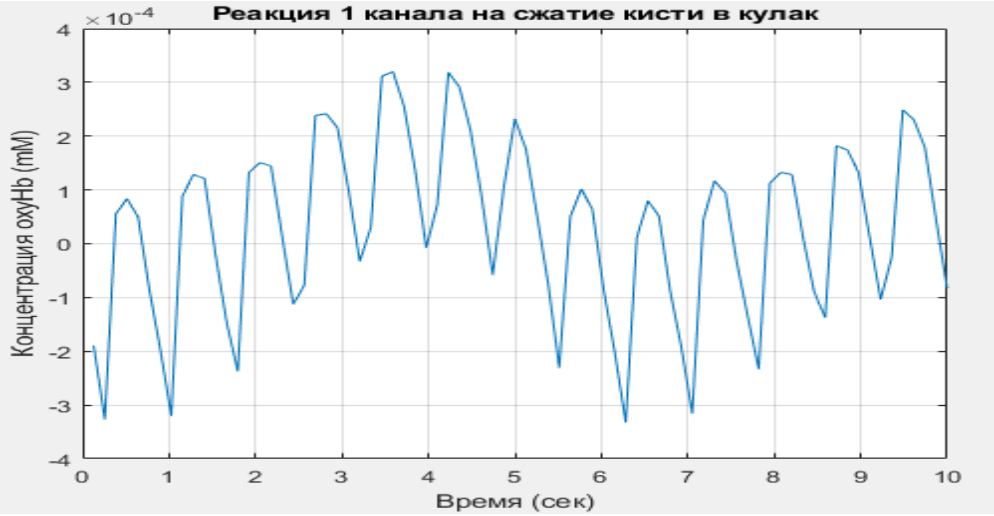


Рис. 1 – Данные одного канала на команду сжать руку в кулак

При визуальном анализе рисунка 1 наблюдается реакция на команду, заключающаяся в повышении амплитуды сигнала. Структура сигнала зашумлена и включает различные артефакты (частоту сердцебиения, моргание и др.). При этом наблюдается некая периодичность сигнала с постоянным шагом. Необходимо сгладить сигнал для дальнейшего анализа при помощи применения фильтра, который должен наиболее адекватно отражать поведение ряда и в ту же очередь быть простым в реализации и не требовать больших ресурсов для работы (рис. 2). В результате был выбран фильтр, реализующий алгоритм линейного скользящего среднего, сглаживающий текущую точку, как среднее из i-й точки и n-1 ретроспективных данных (i-n+1, …, i-1, i), где n – ширина окна (n=6).

На рисунке 2 представлены результаты сглаживания исходного сигнала фильтром линейного скользящего среднего. Исходные данные представляют собой маленькие значения (стотысячные доли единицы). Необходимо нормирование данных к интервалу [0, 1], необходимое при применении методов машинного обучения с целью разработки алгоритма и базы знаний оценки показателей текущей гемодинамики на предмет выявления паттернов, отвечающих за движения кистью руки. Для нормирования данных выбрано линейное униполярное преобразование.

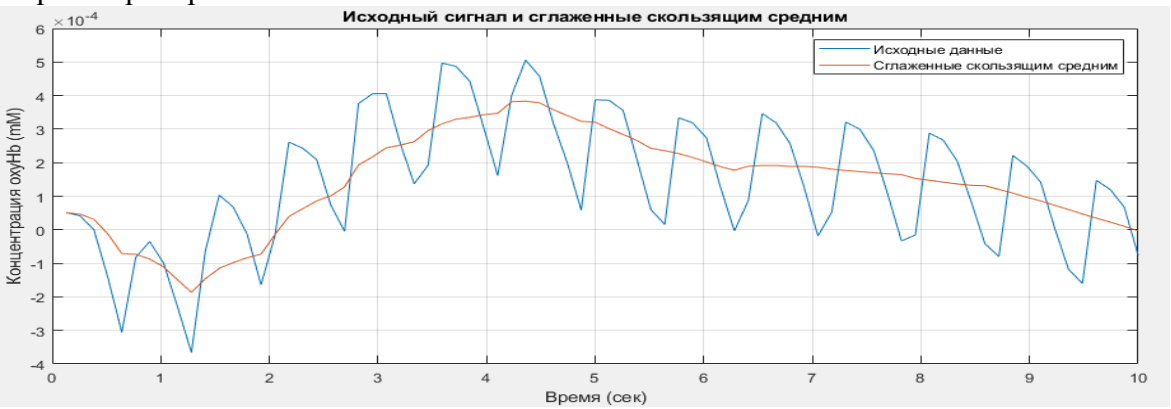


Рис.2 – Исходный и сглаженный сигналы

Таким образом, данные, отражающие мозговую активность, после применения разработанного фильтра сглаживания и нормирования представляются следующим образом (рис. 3).

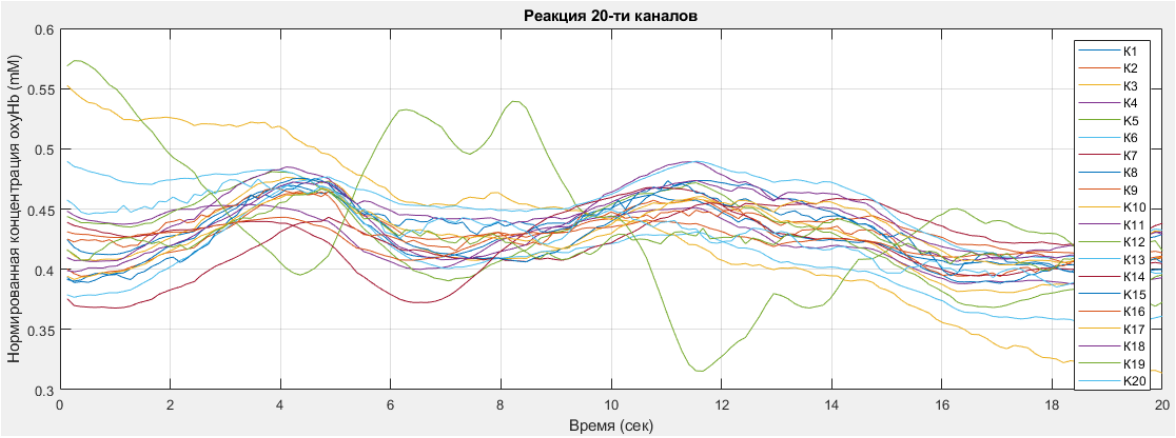


Рис. 3 – Реакция на физическое и мысленное сжатие кисти руки

На рисунке 3 в начале отсчета была произведена команда физически сжать кисть руки, а через 10 секунд было осуществлено мысленное сжатие руки испытуемым в кулак. Как видно из рисунка в обоих случаях наблюдается реакция. Результаты эксперимента хорошо согласуются с известными исследованиями, например [7, 8].

Таким образом, из приведенного графика видно, что заметную активацию коры головного мозга вызывает не только физическая активность, но и мысленное представление таковой. Разработанные средства позволяют анализировать информацию, поступающую с 20-ти каналов fNIRS-томографа и выявлять паттерны движений. В процессе анализа выявлено, что регистрация сигнала происходит с задержкой в районе 5-6 секунд, а именно, сигнал начинает расти и затухать по параболической траектории. Данную временную задержку предполагается компенсировать за счет учета начала формирования паттерна, отвечающего за то или иное действие. В связи с этим использование интерфейса мозг-компьютер на базе fNIRS-томографии для управления бионическими протезами является более перспективным, чем ЭЭГ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Белгородской области в рамках научного проекта 18-48-310028 р_а.

Список литературы

1. *Афонин А.Н., Алейников А.Ю., Гладышев А.Р., Попова А.В.* Разработка и реализация макета бионического протеза кисти руки // Робототехника и техническая кибернетика, 2016, №3(12). - С. 68-71.

2. *Каплан А.Я., Жигульская Д.Д., Кирьянов Д.А.* Изучение возможности управления отдельными пальцами фантома кисти руки человека в контуре интерфейса мозг-компьютер на волне P300 // Вестник Российского гос. медицинского университета. 2016. № 2. - С. 26-30.

3. *Станкевич Л.А., Сонькин К.М., Нагорнова Ж.В. и др.* Классификация электроэнцефалографических паттернов воображаемых движений пальцами руки для разработки интерфейса мозг-компьютер // Труды СПИИРАН, 2015, №3. - С. 163-182.

4. *Maksimenko V.A., Pavlov A.N., Hramov A.E. et al.* Nonlinear analysis of brain activity, associated with motor action and motor imaginary in untrained subjects // Nonlinear Dynamics. 2018. Т. 91. - С. 2803.

5. *Ситникова М.А., Нюрк Г.Х.* Функциональная оптическая томография: надежный метод измерения мозговой активации в процессе решения различных математических задач // Современные проблемы науки и образования. – 2016, №3.

6. *Ferrari M., Quaresima V.* A brief review on the history of human functional near- infrared spectroscopy (fNIRS) development and fields of application // Neuroimage. - 2012.-V.63.–Pp. 921–935.

7. *Naseer N.; Hong K.-S.* Classification of functional near-infrared spectroscopy signals corresponding to the right- and left-wrist motor imagery for development of a brain-computer interfaces // Neuroscience Letters. 2013, №553. - С. 84–89.

8. *Robinson N., Zaidi A.D., Rana M. et al.* Real-Time Subject-Independent Pattern Classification of Overt and Covert Movements from fNIRS Signals // PloS ONE, 2016, №11(7).

05.13.01

Р.Г. Асадуллаев канд. техн. наук, В.В. Ломакин канд. техн. наук,
Е.В. Ильинская канд. экон. наук, Т.А. Лысакова, О.С. Резниченко

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
институт инженерных технологий и естественных наук,
кафедра прикладной информатики и информационных технологий,
Белгород, asadullaev@bsu.edu.ru, lomakin@bsu.edu.ru, chmireva@bsu.edu.ru,
lysakova@bsu.edu.ru, oreznichenko@bsu.edu.ru

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛА КОМПЛЕКСА СРЕДСТВ ВЫСОКОУРОВНЕВОЙ РАЗРАБОТКИ

В работе представлены результаты систематизации предъявляемых требований и функциональных возможностей разрабатываемого комплекса средств высокоуровневой разработки программ класса ERP. Формализованы компоненты и блоки функций комплекса в теоретико-множественной форме, на базе которой возможно построение бинарных отношений для мониторинга процесса разработки системы и управления проектом в целом.

Ключевые слова: *ERP-система, требования к функционалу программного обеспечения, теоретико-множественное представление корпоративных систем, функциональные блоки комплексов программ.*

В соответствии с указом Президента Российской Федерации «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [1] для осуществления прорывного научно-технологического и социально-экономического развития Российской Федерации одной из национальных целей развития нашей страны является ускоренное внедрение цифровых технологий в экономике и социальной сфере. Актуальной задачей является создание отечественной платформы, представляющей собой интегрированный комплекс средств высокоуровневой разработки и среды функционирования информационных систем корпоративного уровня (ИК ИСКУ). Реализация платформы должна обеспечить: импортозамещение и повышение конкурентоспособности отечественной программной продукции в сфере разработки сложных и высоконагруженных бизнес-приложений, составив конкуренцию мировым компаниям Oracle Corporation, SAP SE, Microsoft Corporation, IBM) и др.

ИК ИСКУ, представляющий собой платформу разработки корпоративных информационных систем (КИС) класса ERP [2], должен иметь функционал, обеспечивающий следующие возможности:

- Межсистемная интеграция, позволяющая интегрироваться с внешними информационными системами партнеров, клиентов и так далее. В частности, межсистемная интеграция с общеиспользуемыми инфраструктурными компонентами электронного правительства Российской Федерации.
- Гетерогенность платформы, обеспечивающая учет и поддержку особенностей ряда платформ в процессе разработки системы. Платформа должна функционировать под управлением следующих операционных систем: для сервера базы данных, веб-сервера и сервера приложений (одна из ОС семейства Linux 64, включенных в «Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных» Минкомсвязи России); для клиентских рабочих мест (Windows 7 и выше, MacOS X 10.9 и выше, одна из ОС семейства Linux, включенных в «Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных» Минкомсвязи России); веб-интерфейс должен функционировать под управлением не менее одного для каждой из ОС клиентских рабочих мест web-браузеров (Internet Explorer 10 и выше, Google Chrome 43 и выше, Mozilla Firefox 38 и выше, Safari 8 и выше, Opera 30 и выше).

- Интерактивность, обеспечивающая высокую скорость реакции системы и оперативность доставки информации при работе с большими объемами данных.

- Распределенность, обеспечивающая поддержку и обработку географической, организационной и логической рассредоточенности данных в крупных компаниях.

- Высоконагруженность, обеспечивающая достаточную пропускную способность каналов связи системы в зависимости от интенсивности потока обработки данных и количества пользователей в системе.

- Безопасность, представляющая собой комплекс технических и программных средств защиты персональных и корпоративных данных.

- Мобильность, обеспечение возможности взаимодействия пользователя и системы через каналы связи общего пользования.

В работе [3] разработаны модель управления жизненным циклом проекта и схема базы данных системы поддержки жизненного цикла, которые с учетом специфики проекта могут быть положены в основу процесса разработки ИК ИСКУ. В источнике [4] приводятся алгоритм мониторинга проектных рисков и средства их предварительной оценки. Для эффективной работы указанных средств необходимо провести систематизацию функционала и формализовать ИК ИСКУ как декомпозицию системы на элементарные составляющие с целью организации управления проектом разработки системы.

Таким образом, платформа ИК ИСКУ формально представляется как множество компонент интегрированного комплекса $MKIK$:

$$MKIK = \{kp_i\}, \qquad i = \overline{1, nk}$$

где nk – количество компонент платформы;

kp_i - i-й компонент платформы.

В состав ИК ИСКУ должны входить следующие компоненты: kp_1 - компонент разработки схемы основных данных и моделей бизнес-процессов, визуализирующий процесс конструирования объектов организации посредством схем данных, схем базы данных, экранных форм, моделей исполняемых бизнес-процессов и интерпретирующий метаданные сконструированных объектов при функционировании КИС; kp_2 - компонент управления интеграционным взаимодействием, настраивающий и реализующий информационное взаимодействие разрабатываемой КИС с внешними информационными системами; kp_3 - компонент формирования централизованной нормативно-справочной информации (НСИ); kp_4 - компонент формирования хранилища ретроспективных данных и электронных документов; kp_5 - компонент создания форм отчетов и форм представлений многомерных данных,; kp_6 - компонент общесистемного администрирования, предназначенный для выполнения настроек, применимых к платформе и КИС в целом.

Каждая из указанных компонент характеризуется собственным множеством модулей (блоков функций):

$$KP_i = \{mod_j\}, \qquad j = \overline{1, nm_i}$$

где nm – массив размером nk элементов, каждый из которых nm_i представляет собой количество модулей для -го компонента ($i = \overline{1, nk}$);

mod_j – j-й модуль i -го компонента.

Модули компонента kp_1: визуальное конструирование и корректировка схемы основных данных (структур объектов и справочников); конструирование схемы данных, объектов, справочников, и рабочих процессов (жизненного цикла) объектов, схем исполняемых процессов, модели данных процесса; настройка основных свойств процесса; исполнение процесса; анализ показателей результата деятельности; процессное управление организацией (предприятием, государственным или муниципальным органом). Модули компонента kp_2: реестр информационных систем (ИС) и журнал процессов обмена между ИС; правила обмена сообщениями между ИС; доступ к основным данным КИС. Модуль компонента kp_3: структура, данные и правила проверки объектов НСИ; источники ведения централизованной НСИ; версионность объектов НСИ; поиск объектов НСИ; распространение НСИ. Модуль компонента kp_4: структура хранения данных и управление настройками; хранилище данных

и архив электронных документов. Модуль компонента kp_5: формирование, настройка OLAP-кубов и доступ к многомерным данным; формирование отчетов и доступ к отчетным данным. Модуль компонента kp_6: идентификация, аутентификация, авторизация пользователей; доступ к данным; журналирование действий пользователей и данных; администрирование; визуализация и интерфейс пользователя.

При этом каждый модуль представляет собой множество функций.

$$MOD_j = \{f_z\}, \qquad z = \overline{1, nf_j}$$

где nf – массив размеров nm_i элементов, каждый из которых nf_j представляет собой количество функций для -го модуля ($j = \overline{1, nm_i}$);

f_z – z-я функция j -го модуля.

Результирующее множество FK представляет собой совокупность функций ИК ИСКУ.

$$FK = \bigcup_{i=1}^{nk} \bigcup_{j=1}^{nm_i} \bigcup_{z=1}^{nf_j} f_z$$

На рисунке 1 представлена схема, отображающая связь между компонентами и блоками функций системы.

Таким образом, проведена систематизация требований и функционала разрабатываемого комплекса средств высокоуровневой разработки программных средств класса ERP. В теоретико-множественной форме описаны компоненты и блоки функций комплекса. В результате разработана схема связи компонент и функциональных блоков ИК ИСКУ. Разработанные средства позволят эффективно организовать процесс управления жизненным циклом разработки комплекса, так как предоставляют детальное описание системы с позиции компонент платформы декомпозированных до уровня функций.

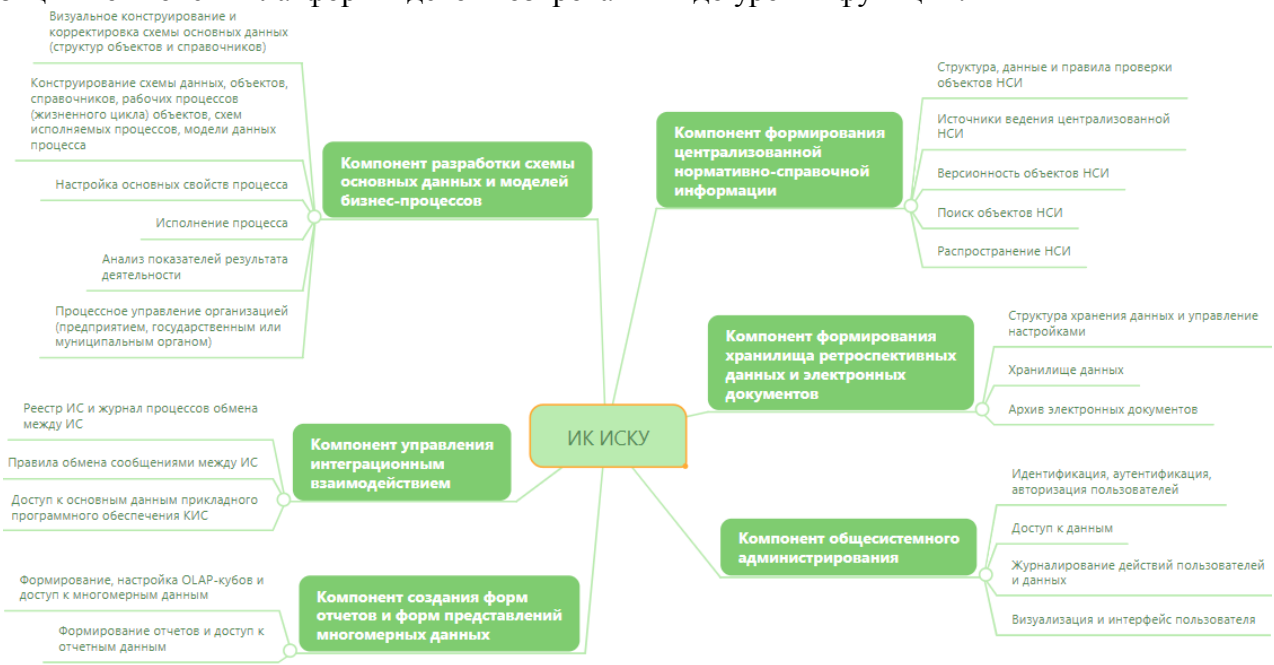


Рис. 1- Схема связи компонент и функциональных блоков ИК ИСКУ

Выполнено в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства «Разработка методологии и инструментальных средств создания прикладных приложений, поддержки жизненного цикла информационно-технологического обеспечения и принятия решений для эффективного осуществления административно-управленческих процессов в рамках установленных полномочий», шифр «2017-218-09-187»; постановление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010г. №218

Список литературы

1. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года [Текст]: Указ Президента РФ от 07.05.2018 N 204 (ред. от 19.07.2018). – Москва, 2018. - Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_297432/, свободный

2. *Степанов, Д.Ю.* Анализ, проектирование и разработка корпоративных информационных систем: теория и практика [Текст] / Д.Ю. Степанов // Вестник МГТУ МИРЭА. - 2015. № 3 (8). с.227-238.

3. *Асадуллаев, Р.Г.* Интегрированная модель поддержки жизненного цикла проектов автоматизированных систем [Текст] / Р.Г. Асадуллаев В.В. Ломакин // Научные ведомости Белгородского государственного университета: научный журнал. – Белгород: Издательский дом «Белгород» - 2018. - №2(45). – С. 322–332.

4. *Асадуллаев, Р.Г.* Разработка средств оценки проектных рисков при создании информационных систем для сферы государственных услуг [Текст] / Р.Г. Асадуллаев, В.В. Ломакин, Н.П. Путивцева, О.С. Резниченко, Ю.Ю. Белоконь // Научно-технический вестник Поволжья: научный журнал. – Казань: Научно-технический вестник Поволжья - 2017. - №5. – С. 120-123.

05.13.00

[1]Т.И. Афанасьева, [1]Т.А. Парникова, [1]В.П. Друзьянова д-р техн. наук, [1]И.И. Слепцов, [2]В.В. Черкашин

[1]Якутская ГСХА,
[2]Арктический государственный институт культуры и искусств

ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ВУЗА

В данной работе исследованы особенностей информационно-образовательной среды с точки зрения применения современных ИТ-решений. Предметом исследования выступают теоретические концепции и практические подходы к формированию и развитию информационно-образовательной среды.

Ключевые слова: *информационная среда, электронные средства хранения, образовательные технологии.*

ЭИОС в вузе рассматривается сейчас как инновационный процесс создания глобальной инфраструктуры электронных средств хранения, обработки и передачи различного вида информации и стал неотъемлемой частью научно-образовательного процесса, где активно внедряются дистанционные образовательные технологии. Этот процесс предполагает внедрение средств вычислительной техники и информационно-коммуникационных технологий, система высшего образования сегодня во многом базируется на информационно-коммуникационных технологиях (далее ИКТ).

Сегодня в условиях глобализации экономики, информатизации и ускоренного технического развития цивилизации, особое значение придается важнейшей сфере человеческой деятельности – обучению и воспитанию, во многом определяющей развитие отдельных наций в локальном смысле и человечества в мировом масштабе. При этом процесс обучения рассматривается как формирование особой информационно-образовательной среды на основе применения достижений современных информационных технологий (далее – ИТ). Понятие технологии рассматривают обычно в связи с конкретной областью деятельности, связанной с производством материальных или духовных благ. Различают технологию строительства, химическую технологию, технологию получения конкретного продукта, технологию проектирования и конструирования, социальную технологию, технологию штамповки металла, технологию печатания денег, технологию банковского и страхового дела и т. д. Одним из видов технологий, получающих всё более широкое распространение в современном обществе, являются информационные технологии. В целях теоретического обоснования данного утверждения были изучены работы, раскрывающие общие аспекты использования ИКТ в обучении для оказания электронных образовательных услуг, систем электронного мониторинга образовательного процесса. Возможность использования ИКТ в вузе стала изучаться только в последнее время (Ю.С.Брановский, Т.Г. Везиров, А.Л.Денисова, И.Г.Захарова, Н.В. Макарова, Т.Л. Шапошникова и др.). Следует детализировать обязательные компоненты ИОС вуза с позиции информационных ресурсов и используемой компьютерной техники:

1. Информационно-образовательные ресурсы представляют собой:

- библиотечный фонд вуза, в том числе и включающий электронные издания;
- кафедральные фонды (монографическая и учебная литература, учебно-методические разработки, презентации и др.) как бумажного, так и электронного формата;
- доступ к сети Интернет через аудитории, оборудованные компьютерной техникой и учебные классы.

2. Компьютерные средства обучения представляют собой:

– компьютерную технику, ПО, прикладные программы;
– автоматизированную систему контроля знаний обучаемых.

Важно отметить, что указанные компоненты ИОС вуза выступают такой микросредой, внутри которой каждый студент (аспирант, обучаемый) может осуществлять учебно-профессиональную деятельность, направленную на профессионально-личностное саморазвитие.

Кроме этого указанные структурные компоненты ИОС расширяют возможности преподавателей в части управления процессом обучения (в том числе и дистанционного), использования учебно-методических ресурсов (в том числе и удаленного доступа), что обеспечивает повышение эффективности обучения студентов, а также способствует их профессионально-личностному саморазвитию.

Автоматизированная система контроля знаний в составе ИОС способна создавать оптимальные условия для дистанционной и интерактивной оценки знаний и навыков студентов, формирования их самооценки, реализации эффективной обратной связи в процессе обучения, проводить диагностику и своевременную корректировку учебной деятельности студентов, создавать широкий диапазон стимулов для профессионально-личностного саморазвития личности. Практика показала, что учебно-образовательную работу в региональном вузе нельзя чем-либо заменить, и она должна обязательно носить систематический и непрерывный характер в течение всего периода обучения. Поэтому разработка и внедрение в широкую практику учебно-образовательного процесса эффективных методик организации учебной работы является для региональных вузов насущной необходимостью. За последние годы в основном созданы концептуальные подходы и принципы разработки и функционирования информационно-коммуникационной среды.

Завершая анализ требований ФГОС к ЭИОС вуза, отметим, что последний пункт - реализация взаимодействия между участниками образовательного процесса, в том числе, взаимодействие посредством сети «Интернет», после реализации остальных требований, фактически будет представлять комбинацию индивидуальных взаимодействий посредством электронной почты, Skype, соответствующих групп в социальных сетях с использованием средств взаимодействия среды ЭИОС вуза (форумы Moodle, вебинары). Таким образом, рассмотрев основные педагогические возможности к исследованию и реализации электронной информационно-образовательной среды (ЭИОС) вуза можно определить что:

–Электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС) вуза - это интегрированная среда информационно-образовательных ресурсов (электронные библиотеки, обучающие системы и программы), программно-технических и телекоммуникационных средств, правил ее поддержки, администрирования и использования, обеспечивающая едиными технологическими средствами информационную поддержку и организацию учебного процесса, научных исследований, профессиональное консультирование обучающихся в вузе.

Электронная информационно-образовательная среда (единое образовательное пространство) – это комплекс информационных образовательных ресурсов, компьютерно-телекоммуникационных технологий взаимодействия;

Таким образом, развитие ЭИОС организации в соответствии с требованиями ФГОС обеспечивает прочную педагогическую основу дальнейшего развития ЭИОС в региональном вузе и его внедрения во все формы образовательного процесса.

Список литературы

1. *Андреев, А. А*. Становление и развитие дистанционного обучения в России / А. А. Андреев // Высшее образование в России. - 2012. - № 10. - С. 106-111.
2. *Башмаков А.И., Старых В.А*. Принципы и технологические основы создания открытых информационно-образовательных сред / Под ред. академика РАО А.Н. Тихонова. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010. – 719 с.
3. *Буцык С.В.* Анализ уровня информатизации вузов культуры и искусств (за период 2007-2009 гг.) // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника», выпуск 12. – 2010. – № 22. – С. 15-17.
4. *Халиков Л.И.* Электронные коллекции учебно-методических материалов как составляющая информационно-образовательной среды вуза: дис. ... канд. пед. наук. – Казань, 2013. – 133 с.
5. *Усенко Н.В.* «Информационно-образовательная среда» – контент-анализ существующих определений [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.emissia.org/offline/2012/1845.htm (дата обращения: 15.12.2013).
6. *Брановский, Ю.С.* Новая дисциплина «Введение в педагогическую информатику» в структуре многоуровневого педагогического образования / Е.А. Брановский // Педагогическая информатика. – 1995. - №2. – С. 18-29.
7. *Везиров Т. Г.* Подготовка магистров педагогического образования в условиях новой информационно-образовательной среды // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2013. – № 5 (май). – С. 21–25. – URL: http://e-koncept.ru/2013/13093.htm.
8. *Полат Е. С.* Метод проектов [Электронный ресурс] / Е. С. Полат // Лаборатория дистанционного обучения : - URL

05.13.18

[1]И.Р. Бадертдинов, [1]И.Л. Кузнецов д-р техн. наук, [2,3]Л.С. Сабитов канд. техн. наук

[1]Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
[2]Казанский (Приволжский) федеральный университет,
[3]Казанский государственный энергетический университет,
Казань, l.sabitov@bk.ru

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ТРЕХГРАННЫХ РЕШЕТЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В данной статье рассматривается напряженно-деформированное состояние (НДС), а также технико-экономическое сравнение предлагаемых трехгранных опор сотовой связи со существующими четырехгранными. Сравнения проводились по показателям металлоемкости, усилиям в стержнях и стоимости изготовления. По результатам сравнения видно об их эффективности и меньшей стоимости.

Ключевые слова: *башни сотовой связи, трехгранная решетчатая конструкция, ветрогенераторные установки, усилия в трехгранных решетчатых конструкциях.*

В последнее время в нашей стране очень интенсивно развивается системы сотовой связи, которые сопровождаются большими объемами изготовления и монтажа различных типов опор. Используются различные конструктивные решения, узлы и соединения. Объемы строительства башенных и мачтовых сооружений делают очень актуальным задачу снижения трудоемкости этих конструкций при сохранении их нормативной несущей способности [1].

В массовом строительстве наиболее распространены решетчатые четырехгранные башни пирамидальной формы [2]. Трехгранные башни применяют, когда высота их и масса технологического оборудования невелики, многогранные, наоборот, - при большой нагрузке от оборудования и значительной высоте сооружения [3].

В башнях с поясами из труб наиболее рациональной является крестовая решетка с предварительно напряженными раскосами из круглой стали. При поясах из уголков и других прокатных профилей широко используются треугольная и ромбическая решетки со шпренгельным заполнением, необходимым для уменьшения расчетной длины. В конечном итоге при выборе конструктивной схемы башни, формы и размеров профилей ее элементов важно стремиться к снижению аэродинамического сопротивления всего сооружения в целом [4, 5].

Проведенный технико-экономический анализ решений решетчатых конструкций показал о недостаточной их проработке. В связи с этим в данной работе предлагаются новые конструктивные решения трехгранных решетчатых конструкций. В новой трехгранной башне уменьшается масса конструкций, трудоемкость изготовления и монтажа, стоимость [6].

Для таких конструкций важным вопросом является изучение статической схемы работы с выявлением общих закономерностей распределения внутренних силовых факторов, а также определение расчетных элементов по наиболее напряженным сечениям. В данной работе исследовалось напряженно-деформированное состояние (НДС) четырех видов опор сотовой связи (рис. 1) с разными поперечными сечениями. Для установления напряженно-деформированного состояния конструкции было проведено большое количество численных экспериментов.

Расчеты выполнялись по методу конечных элементов на расчетном комплексе «Лира» [7]. Конструкции моделировалась трехгранными стержнями. Высота всей конструкции 70 м. Размер в плане равностороннего треугольника у основания равен 8.6 м, а на вершине (отм. 70 м.) конструкции 1.6 м. Вес антенного оборудования, климатический район принимался одинаковым для всех конструкций. Масса четырехгранных башен для расчетов принята средняя масса из 6 башен.

а) Поперечное сечение четырехгранной опоры (Тип 1)

б) Поперечное сечение трехгранной опоры (Тип 2)

в) Поперечное сечение трехгранной опоры (Тип 3 и 4)

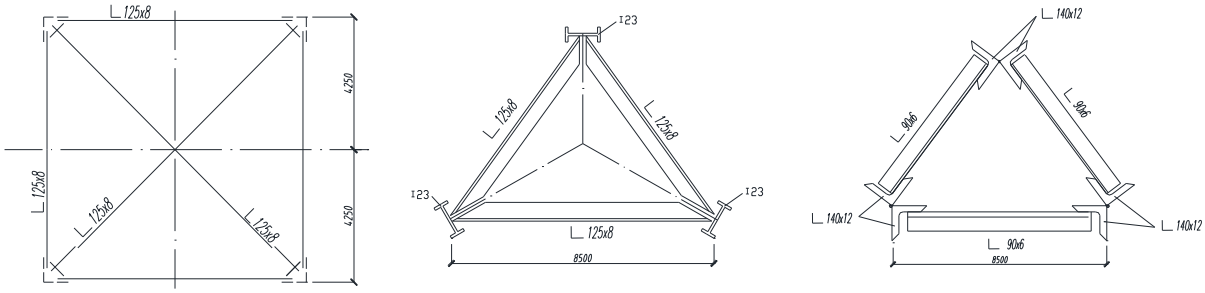
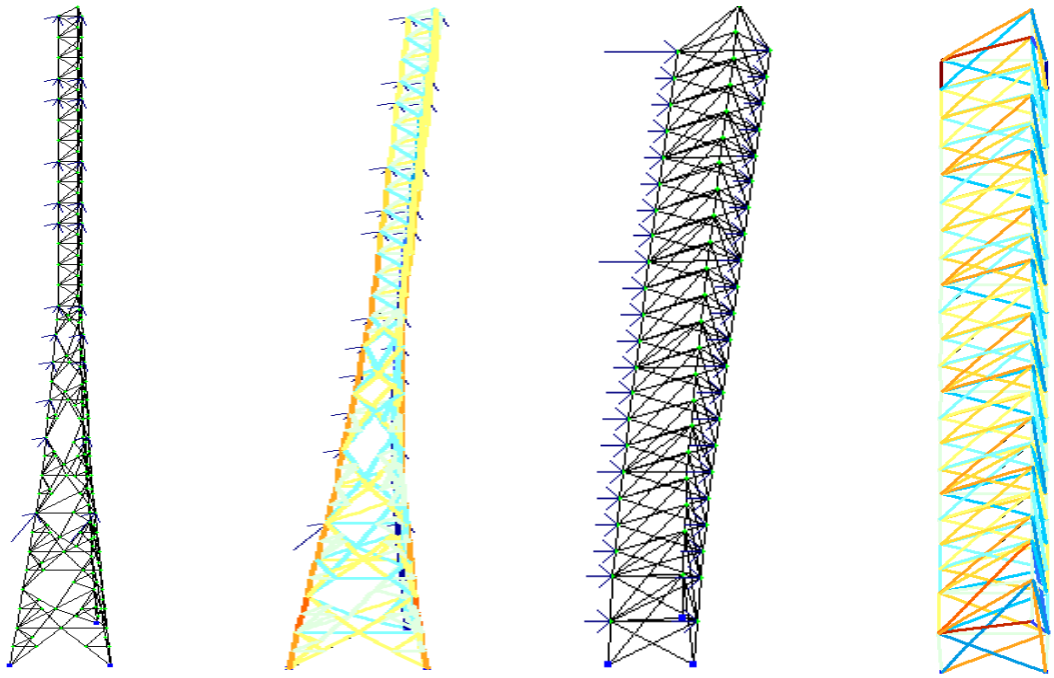


Рис. 1-. Поперечное сечение решетчатых конструкций опор



а) Трехгранная решетчатая конструкция из отдельных стержней. Схема приложения ветровой нагрузки.

б) Трехгранная решетчатая конструкция из отдельных стержней. Ветровая нагрузка. Мозаика N.

в) Трехгранная решетчатая конструкция из плоских ферм с крестовой решеткой. Схема приложения ветровой нагрузки.

г) Трехгранная решетчатая конструкция из плоских ферм с крестовой решеткой. Собственный вес. Мозаика Mk.

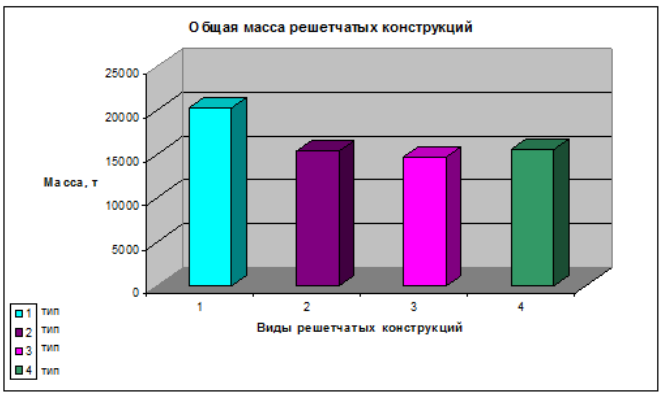
Рис. 2- Численные модели трехгранных решетчатых конструкций

Решетчатая конструкция рассчитывалась на следующие загружения:
- постоянные нагрузки от собственного веса и веса антенного оборудования;
- ветровая статическая нагрузка;
- ветровая пульсационная нагрузка.

К технико-экономическим показателям конструкций относится их материалоемкость и трудоемкость изготовления. Трудоемкость изготовления напрямую зависит от конструктивного решения узлов и самой конструкции в целом.

Сравнение опор сотовой связи представлены на рисунке 3.

а)



б)

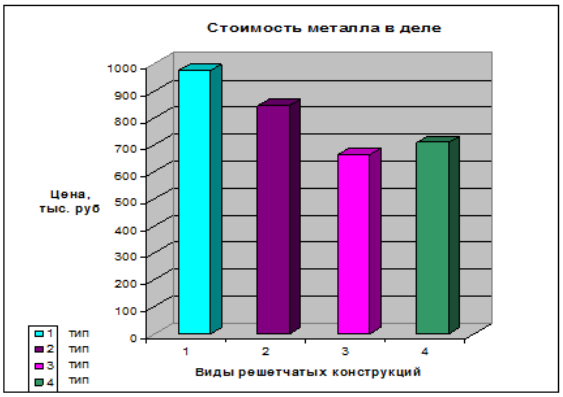


Рис. 3- Гистограммы сравнения общей массы решетчатых конструкций (а) и стоимости металла в деле (б): 1 тип – четырехгранная башня; 2 тип – трехгранная башня из однотипных стержней; 3 тип – трехгранная башня из плоских ферм с треугольной решеткой; 4 тип – трехгранная башня из плоских ферм с крестовой решеткой.

Выводы

1. Методом конечных элементов исследовано напряженно-деформированное состояние существующих и предлагаемых решетчатых конструкций, анализ показал эффективность работы предлагаемых трехгранных решетчатых конструкций, усилия в трехгранных решетчатых конструкциях меньше четырехгранных на 10-34 %.

2. Проведенные технико-экономические сравнения четырехгранных решетчатых конструкций с трехгранными, показал эффективность предлагаемых решетчатых конструкций по критериям материалоемкости (23-30 %) и стоимости металла в деле (13-32%).

Список литературы

1. *И. Л. Кузнецов, Л. С. Сабитов, А. В. Исаев.* Конструкции с соединениями стальных труб разного диаметра. Монография. М-во образования и науки Российской Федерации, Казанский гос. архитектурно-строительный ун-т. Казань, 2012.

2. *И.Р. Бадертдинов, И.Л. Кузнецов, Л.С. Сабитов.* Разработка и исследование решетчатых трехгранных опор. XIV международная научно-техническая конференция «Эффективные строительные конструкции: теория и практика». Сборник статей. Пенза. 2014. с. 15-17.

3. *В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев.* Неисчерпаемая энергия. Кн 2. Ветроэнергетика – Учебник. – Харьков: Нац. аэрокосм. Ун-т «Харьк. авиац. инст", Севастополь: Севаст. нац техн. ун-т, 2004. – 519с.

4. *Г.А. Савицкий.* Расчёт антенных сооружений (физические основы). М., «Связь», 1978, 151.

5. *Г.А. Савицкий.* К расчету мачт на ветровую нагрузку. Строительная механика и расчет сооружений, 1977, №4, с. 49-52.

6. Патент РФ №2378469 от 10.01.10. «Трехгранная решетчатая конструкция» И.Р. Бадертдинов, И.Л. Кузнецов, А.В. Исаев.

7. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций Лира. Руководство пользователя. Книга 1. Основы теоретические и расчетные положения. Некоторые рекомендации. Киев, 2002, 147с.

8. *Сабитов Л.С., Кузнецов И.Л., Пеньковцев С.А.* Выбор рационального типа поперечного сечения опор. Приволжский научный журнал. 2014. № 4 (32). С. 90-94.

05.13.06

А.С. Бондарчук канд. техн. наук, В.Г. Зарубский канд. техн. наук

ФКОУ ВО Пермский институт ФСИН России,
кафедра режима и охраны в УИС,
Пермь, volen3030@rambler.ru

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ И ОБОРОНЫ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНОЙ КАТЕГОРИИ

Рассматриваются возможные пути алгоритмизации процесса выбора рациональной структуры и параметров системы охраны и обороны объектов различной категории. Предложены варианты расчета эффективности интегрированных систем безопасности являющихся автоматизированной системой управления безопасностью объектов различных категорий, на основе параметров получаемых из математических моделей этапов решения данной задачи.

Ключевые слова: *интегрированные системы безопасности, инженерно-технические средства охраны, система охраны и обороны, датчик обнаружения, силы реагирования, нарушитель.*

Автоматизированные системы управления находят самое широкое применение в современном обществе, в том числе и в сфере обеспечения безопасности объектов различных категорий. Данный факт обусловлен необходимостью постоянного совершенствования способов обеспечения безопасности в связи с высокой вероятностью возникновения различных, в том числе весьма технологичных, угроз для данных объектов, что является весьма актуальной проблемой, требующей качественного и своевременного решения. Кроме этого, решение проблем обеспечения безопасности различных объектов на основе использования автоматизированных систем управления связано со стремительным ростом возможностей вычислительной техники являющейся «мозговым центром» подобных систем, и позволяющих существенно повысить их производительность, а также снизить влияние так называемого «человеческого фактора» на процессы обеспечения безопасности. Таким образом, применение различных автоматизированных систем безопасности является логичным и действенным шагом способным повысить надежность обеспечения безопасности объектов различных категорий.

На сегодняшний день в качестве автоматизированных систем управления в сфере обеспечения безопасности применяются интегрированные системы безопасности (ИСБ) [1], способные объединять, контролировать и управлять достаточно широким спектром подсистем безопасности.

Обеспечение безопасности объектов различных категорий является комплексной задачей, для решения которой выстраивается система охраны и обороны объекта имеющая достаточно сложную структуру и большое количество параметров, характеризующих ее состав и элементы, такие как комплекс инженерно-технических средств охраны (ИТСО) и силы реагирования (личный состав силовых подразделений или ведомственных служб безопасности). И все же главенствующая роль в современном комплексе системы охраны и обороны объекта отводится ИСБ как координирующему центру обеспечивающему взаимодействие элементов данного комплекса.

Обосновать рациональную структуру и параметры системы охраны и обороны путем решения задачи в один этап практически невозможно, даже при использовании наиболее экономичных методов исследования.

Сложность структуры системы охраны и обороны объектов, процессов ее функционирования, большое количество параметров, используемых при исследовании, вынуждают осуществлять их поэтапно. Это необходимо и по другой, не менее важной причине, связанной с тем, что для некоторой части используемых в расчетах параметров задать конкретные значения либо затруднительно, либо вообще невозможно без предварительных исследований.

Содержание этапов и их последовательность таковы, что процесс исследования обладает свойством информативной преемственности, т.е. результаты на предыдущих этапах используются в качестве исходных данных для проведения последующего этапа. При этом на каждом этапе должна осуществляться оптимизация полученных результатов (параметров), например, оптимизация функционирования систем охраны по критерию эффективности [2, 3].

Главные трудности в решении задачи обоснования требуемых структуры и параметров системы охраны и обороны объектов в данном случае связаны с выбором исходных данных для оценки, а также с обоснованием разумного компромиссного решения, учитывающего ошибки прогноза параметров состояния и неопределенности условий реализации проектных решений.

Для оценки эффективности элементов системы охраны, например, ИСБ задаются исходные данные для ее расчета. Эти исходные данные можно получить из различных источников (справочной литературы, нормативных документов, ТТХ на технические средства) либо они могут задаваться исходя из построенной физической модели действий нарушителя и сил реагирования.

Учитывая вышесказанное, приведем алгоритм решения задачи для следующих моделей действий нарушителей и сил реагирования.

Рассмотрим модель действий нарушителя, находящегося за пределами периметра объекта, который пытается прорваться на территорию объекта и достигнуть рубежа, с которого возможно совершение запланированной акции. Задача сил реагирования в этом случае состоит в воспрещении прорыва нарушителя на объект.

Во всех случаях элементы комплекса ИТСО располагаются на местности так, что образуют три зоны: зону обнаружения, в которой расположены несколько средств обнаружения (датчиков обнаружения); зону инженерных заграждений, образованную элементами конструкций зданий и сооружений или специально построенными труднопреодолимыми препятствиями; зону воздействия на нарушителя.

Рассмотрим алгоритм решения задачи обоснования рациональной структуры и параметров системы охраны и обороны объекта (пример расчета эффективности ИСБ) на основе приведенной выше модели действий нарушителя.

Общие исходные данные:

1. Нарушитель (противник) находится за пределами объекта охраны. Он выдвигается к объекту, преодолевает запретную зону и проникает на территорию объекта. Пресечение акции нарушителя, в запретной зоне объекта охраны согласно выбранной модели, подразделяется на три группы событий: обнаружение нарушителя с использованием технических средств охраны; задержание нарушителя на время необходимое для действий сил реагирования с использованием инженерных средств охраны; уничтожение (задержание) нарушителя силами реагирования.

2. Объект охраняется способом оперативного дежурства. Силы реагирования находится в караульном помещении и по сигналу «тревога» от технических средств охраны выдвигаются к месту нарушения запретной зоны.

При данных условиях алгоритм решения задачи включает четыре этапа:

Этап 1. Определение вероятности обнаружения нарушителя.

Вероятность обнаружения нарушителя заведомо исправными техническими средствами охраны, а также время наработки на отказ приводятся в ТТХ на аппаратуру.

Время преодоления нарушителем рубежа обнаружения конкретного датчика обнаружения (ДО) можно определить исходя из времени, которое нарушитель воздействует на чувствительный элемент (зону обнаружения) средства обнаружения. Данное время приводится в ТТХ на ДО или определяется опытным путем.

Такой параметр как вероятности обнаружения нарушителя $P_{общ}^{g}$ ДО можно определить на основании модели обнаружения нарушителя ИСБ и может быть записан в виде следующего выражения

$$P_{общ}^{g} = \begin{cases} \dfrac{T_{ср}^{g}}{T_{ср}^{g} + T_{В}^{g}} \text{ при } S_g \le R_g; \\ 0 \text{ при } S_g > R_g, \end{cases} \quad (1)$$

где S_g – расстояние от нарушителя до рассматриваемого ДО, км; R_g –радиуса зоны обнаружения ДО; $T_{ср}^{g}$ – среднее время наработки ДО на отказ, час; $T_{в}^{g}$ – среднее время восстановления рассматриваемого ДО, час.

Расчеты проводятся для каждого сектора ответственности с учетом присущих ему свойств местности. Оптимизация параметров системы охраны производится за счет дополнительного разбиения секторов на элементарные участки запретной зоны с учетом вероятности безотказной работы сигнальной линии, станционной аппаратуры, а так же коэффициента технической готовности комплекса ИТСО на объекте.

Этап 2. Определение вероятности того, что силы охраны выдвинутся к месту нарушения раньше, чем нарушитель преодолеет полосу инженерных заграждений и оторвется от соприкосновения с силами реагирования.

Функцию задержания нарушителя в пределах запретной зоны осуществляют ограждения и инженерные заграждения. Выполнение функции задержания нарушителя инженерными заграждениями имеет цель увеличить время преодоления нарушителем запретной зоны.

Время преодоления нарушителем инженерных заграждений приводится в ТТХ на инженерные заграждения или определяется опытным путем.

Увеличение времени преодоления нарушителем запретной зоны достигается, например, установкой различных инженерных заграждений или их комплексированием. Увеличивая время преодоления запретной зоны, соответственно увеличивается вероятность пресечения акции нарушителя силами реагирования в пределах запретной зоны.

Этап 3. Определение вероятности поражения нарушителя.

Вероятность попадания в цель одним выстрелом (очередью) можно определить по следующей формуле

$$P_S^{ун.в\,бою} = P_S^{ун} \cdot P_{усл}, \quad (2)$$

где $P_S^{ун}$ – вероятность уничтожения цели с эффективной площадью поражения S при одном выстреле; $P_{усл}$ – условная вероятность того, что при предыдущих выстрелах никто не был убит.

Другой исход возможного взаимодействия нарушителя и сил реагирования – задержание, в данном исследовании не рассматривается.

Этап 4. Определение вероятности предотвращения акции нарушителя.

Вероятность предотвращения силами реагирования акции, совершаемой нарушителем, на объекте охраны, можно записать как:

$$P_{акции}^{пр} = P_{обн}^{н} \cdot P_{зад}^{из} \cdot P_{ун}^{н}, \quad (3)$$

где $P^{н}_{обн}$ – вероятность обнаружения нарушителя многорубежевой системой обнаружения; $P^{из}_{зад}$ – вероятность того, что силы охраны выдвинутся и займут исходные положения для действий (рубежи блокирования) раньше, чем нарушитель преодолеет полосу инженерных заграждений; $P^{н}_{ун}$ – вероятность уничтожения (поражения) нарушителя, преодолевающего инженерные заграждения под огнем стрелкового оружия сил охраны.

Тогда с учетом приведенных выше исходных данных (этапы 1-3) определяется значение вероятности предотвращения акции нарушителя.

Таким образом, вышеописанный алгоритм позволяет наглядно продемонстрировать порядок пользования предлагаемой методикой оценки эффективности ИСБ.

Реализация данного алгоритма в виде компьютерной программы для исследования ИСБ применяемой на объекте позволяет оценивать ее эффективность в целях выбора наиболее рационального варианта применения ИТСО на рассматриваемых объектах.

Исследовать элементарный участок системы охраны по приведенной выше методике можно с использованием, например, электронных таблиц типа EXCEL или на языках высокого уровня.

При помощи расчетной программы можно исследовать варианты применения ИТСО на участке ИСБ объекта и выбирать наиболее рациональные варианты применения сил и средств. Детализация функциональной схемы для составления машинно-ориентированной схемы алгоритма является не сложной задачей, поэтому эта стадия разработки алгоритма обоснования параметров структуры системы охраны в данном исследовании не рассматривается.

Список литературы

1. ГОСТ Р 53704-2009 Системы безопасности комплексные и интегрированные. Общие технические требования.

2. *Астахов А. Д.* Методика военно-экономического обоснования принимаемых решений / А. Д. Астахов. – М.: ВИА, 2005. – 55 с.

3. *Бондарчук А. С.* Метод оптимизации функционирования систем охраны по критерию эффективности / А. С. Бондарчук, В. П. Герасименя // Сборник научных трудов академии. – М.: ВУНЦ СВ «ОВА ВС РФ». – 2012. - № 60. - С. 146-153.

05.13.00

[1]Я.В. Васильева, [1]О.И. Захарова, [1]Г.Г. Дармаева, [2]В.П. Друзьянова д-р техн. наук

[1]Якутская ГСХА,
[2]Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова

ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ МЕТОДОМ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ

В данной статье описывается синтез модели процесса культивирования. Этот метод позволяет регулировать степень аэрации и учитывать ее количество. Способствует удалению от клеток микроорганизма продуктов обмена и лизиса, с также обеспечивает равномерное распределение кислорода в культуральную жидкости по всему объему ферментатора.

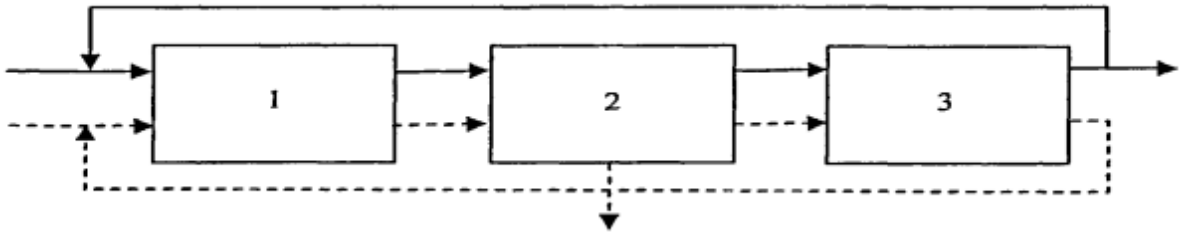
Ключевые слова: *синтез, концентрация субстрата, растворимость газа, перемешивание, растворимость кислорода.*

В животноводстве восстановление нарушенных физиологических процессов осуществляется комплексом зоотехнических и ветеринарных мероприятий, в котором большое место занимает рациональное использование лекарственных веществ. На данный момент есть возможность борьбы с заболеваниями животных главным образом путём добавления в рацион сельскохозяйственным животным кормового белка, обладающего фармакологическими свойствами. Довольно существенное влияние на процессы микробного синтеза оказывает массопередачи (обмен веществ между различными фазами – перенос кислорода из газообразной фазы в жидкую) и теплообмена (перераспределение тепловой энергии между взаимодействующими фазами) [1,2]. Поэтому одним из важнейших компонентов биореакторов является система перемешивания, обеспечивающая однородность условий в аппарате, оптимальность массопередачи между фазами реактора, между культуральной жидкостью и клетками и т. д.

Массообмен, газосодержание в аппарате для культивирования микроорганизмов, выбор штамма микроорганизма играют большую роль в процессе микробного синтеза. Массообмен играет решающую роль в достижении заданной производительности аппарата, если соблюдаются технологические и микробиологические условия.

На рис. 1 приведена структурная схема аппарата для культивирования микроорганизмов, состоящая из трёх зон:

- зона 1 – зона интенсивной массопередачи;
- зона 2 – зона охлаждения, включающая объём биореактора, в корпусе которого находится теплообменник; в этой зоне наряду с массопередачей и биосинтезом происходит охлаждение среды;
- зона 3 – циркуляционная зона; в этой зоне уменьшается газосодержание среды и интенсивность массопередачи.



На данный момент в процессе производства кормового белка при культивировании микроорганизмов в культуральной жидкости происходит ряд реакций в ферментационной

жидкости с кислородом. Рядом авторов [3] для реакций с кислородом жидкостей, получивших широкое распространение в промышленности, для расчета скорости жидкости рекомендуется зависимость:

$$H(\rho_{ж} - \rho_{г})*g = \left[\left(1.5 + \lambda_{ц}\frac{H}{d_{ц}}\right)\left(\frac{f_{б}}{f_{ц}}\right)^{2} + 2 + \frac{1}{(1-\varphi)^{2}} + \frac{\lambda_{б}*H}{(1-\varphi)^{1,75}*d_{б}}\right] * \frac{\rho_{ж}W_{ж}^{2}}{2}. \quad (1)$$

Данный расчет выполняется методом приближений по одному из выбранных уравнений, которые подходят для определений газосодержания в культуральной среде. При давлении до 4 мпа на среде со свойствами, близкими к свойствам системы «вода-воздух», и соотношении барботажных и циркуляционных зон $f_{б}*f_{ц}^{-1}=1$, приближенном к значение приведенной скорости жидкости, этими же авторами предлагается рассчитать $W_{ж}$ по упрощенному уравнению:

$$W_{ж} = 3{,}5\left[\frac{H*\beta}{\xi k} * \left(\frac{\Delta\rho}{\rho_{г}}\right)^{0,125}\right]^{0,5} \quad (2)$$

где $\xi_{k} = 5{,}1+0{,}03\left(\frac{H}{d_{б}} + \frac{H}{d_{ц}}\right)$– коэффициент сопротивления циркуляционного контура.

На поверхности раздела газ–жидкость воздушного пузырька образуются воздушные пленки. Они проходят через культуру, затрудняют диффузию кислорода по объему ферментатора и снижают образовавшееся сопротивление.

Исследованию процессов абсорбции кислорода в ферментаторах посвящен ряд работ [4,5].

Если рассматривать данный случай при плохо растворимом газе (кислород), значения m_{pc} и K_{r} велики, и диффузионным сопротивлением в газовой фазе можно пренебречь, и соблюдается неравенство:

$$\frac{1}{K_{L}a} \gg \frac{1}{K_{r}m_{pc}}, \quad (3)$$

Откуда следует:

$$k \approx k_{la} \quad (4)$$

На основании равенства $k \approx k_{la}$ уравнение массопередачи: $\frac{dc}{dy} = к_{i} * а\left(с_{р} - с\right) - к_{б}*х$,

Левый член уравнения: $\frac{d^{2}M}{dV_{p}dt} = к(C_{p} - C)$, называющегося скоростью объемного массопереноса кислорода, или скоростью растворения кислорода, для абсорбции кислорода воздуха культуральной жидкостью запишется в следующем виде:

$$\frac{d^{2}M}{dV_{p}dt} = K_{L}a(C_{p} - C). \quad (5)$$

Устойчивость и эффективность применяемых численных методов позволяют выполнить дальнейшую модификацию технологии расчета, включая подбор моделей турбулентности, с целью повышения точности расчетов.

Список литературы

1. *Кокиева Г.Е.* Анализ особенностей эксплуатации аппаратов для культивирования. Сб. Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона. – Новосибирск. – 2013.

2. *Кокиева Г.Е.* Анализ технологии измерения рабочих поверхностей при дефектации аппаратов для культивирования микроорганизмов. Научно-технический Вестник Поволжья. Сб. №3, 2014. – Казань.

3. *Юдин Э.Г.* Системный подход и принципы деятельности. – М.: Наука. – 1978. – 392 с.

4. *Черноиванов В.И.* Восстановление деталей машин. – М.: Мир. – 1977. 522 с.

5. *Шарифуллин В.Н., Бояринов А.И., Гумеров А.М.* Связь перемешивания и массопередачи на примере барботажно-эрлифтного аппарата. В кн.: Массообменные процессы и аппараты химической технологии. – Казань. – 1980. – С. 17-18.

05.13.01

И.В. Власов

Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет),
Аэрокосмический институт,
кафедра «Прикладная информатика»,
Москва, igor.vlasov@inbox.ru

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ РЕМОНТА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ ЭВТ НА УСЛОВИЯХ АУТСОРСИНГА

Статья посвящена актуальным вопросам управления качеством ремонта и технического обслуживания (РТО) устройств ЭВТ. Обосновано использование пула сервисных компаний, привлекаемых на условиях аутсорсинга. Описана концепция стандарта контроля качества услуг РТО, разработанного на основе методологии ITIL/ITSM.

Ключевые слова: а*утсорсинг, ITIL/ITSM, стандартизация, ремонт и техническое обслуживание ИТ-систем.*

Одной из отличительных черт нашего времени является интенсивный рост количества и разнообразия используемых потребителями устройств электронно-вычислительной техники (ЭВТ). В информационно-вычислительных системах (ИВС) компаний, как правило, применяются решения не от одного, а от нескольких производителей. При этом ни одна сервисная компания не может в одиночку реализовать технологические линии обслуживания и ремонта любого ИТ-оборудования, а также зарезервировать все существующие комплекты запчастей. Заключать множество договоров на предоставление услуг ремонта и технического обслуживания (РТО) ИВС отдельно по каждой модели используемых устройств ЭВТ компаниям среднего-крупного размера слишком непродуктивно. Лучшим выходом из данной ситуации представляется заключение договора на сервисное обслуживание используемого заказчиком ИТ-оборудования с одним исполнителем (генеральным подрядчиком), который уже сам сформирует на условиях аутсорсинга сервисный пул соисполнителей из различных сервисных компаний и индивидуальных предпринимателей, специализирующихся на ремонте и техническом обслуживании оборудования от указанных производителей.

Организация сервисного пула требует использования согласованных всеми соисполнителями процессов контроля и управления деятельностями. Исходя из вышеизложенного и с опорой на процессную модель ITIL/ITSM (IT Infrastructure Library / IT Service Management) был разработан стандарт управления качеством оказания услуг РТО ИВС на условиях аутсорсинга, основные положения которого описаны ниже.

Назовем уровнем качества обслуживания ИВС уровень соответствия значений фактических показателей услуг РТО ИВС значениям, установленным в Соглашении об уровне предоставления услуг (SLA – Service Level Agreement), заключенном между заказчиком и генеральным подрядчиком. Примем, что деятельность, состоящая из совокупности взаимосвязанных управляемых изменений некоторого материального или нематериального объекта, переводящих этот объект из исходного состояния в искомое, может рассматриваться как процесс, описываемый с помощью совокупности исходных, конечных (целевых) и промежуточных параметров. Часто конечные и промежуточные параметры одного процесса могут рассматриваться как исходные параметры для другого.

Каждое изменение объекта (группы объектов) реализуется на практике с помощью выполнения одной или нескольких процедур (в терминологии ITIL/ITSM – подпроцессов). Совокупность одного или нескольких процессов может быть также представлена в виде функции, где функция – совокупность деятельностей, обеспечивающих предоставление

клиентам одной или нескольких услуг надлежащего качества. Таким образом, имеем следующую иерархию деятельностей, начиная с нижнего уровня:

- Процедура (подпроцесс)
- Процесс
- Функция
- Услуга

Совокупность процедур, процессов и функций, необходимых для оказания одной или нескольких услуг, будем называть сервисом.

В качестве показателей выполнения SLA примем совокупность Θ_i – относительных показателей качества оказания i-й услуги, для каждого из которых справедливо следующее определение:

$$\Theta_i = \frac{K_i^{\text{Факт}}}{K_i^{SLA}} \geq 1, \qquad i = (1, N)$$

где $K_i^{\text{Факт}}$ – фактическое значение показателя качества оказания i-й услуги РТО ИВС, рассчитываемое согласно методике, описанной в SLA;

K_i^{SLA} – значение показателя качества оказания i-й услуги РТО ИВС, установленный в SLA;

N – число оказываемых услуг согласно SLA.

Соглашение SLA на оказание услуг РТО ИВС может считаться выполненным только в том случае, если все услуги РТО ИВС, оказанные заказчику, будут иметь показатели качества не ниже установленных, то есть все соотношения ($K_i^{\text{Факт}}/K_i^{SLA}$) должны иметь значения не менее 1. Следовательно, задача управления качеством услуг РТО ИВС на условиях аутсорсинга сводится к декомпозиции целевого SLA на совокупность Соглашений об уровне сервисов (или услуг, если оказание конкретной услуги будет выполнять только один исполнитель), подписанных генеральным поставщиком услуг со всеми субподрядчиками [2].

Еще раз отметим, что ключевым вопросом организации оказания услуг РТО ИВС на условиях аутсорсинга является организация на основе SLA пула соисполнителей исходя из совокупности выделенных сервисов, осуществляемых одним исполнителем, и интегрированных сервисов, состоящих из совокупности процессов и функций, осуществляемых более чем одним исполнителем. Следовательно, все компании-соисполнители должны быть сертифицированы по стандарту ГОСТ Р ИСО 9001 с целью обеспечения совместимости используемых ими метрик и организации единой среды управления деятельностями.

Показатели качества услуг РТО ИВС в зависимости от методики оценки можно классифицировать по двум категориям – экспертные и расчетные. К экспертным показателям качества, к примеру, относятся:

- Уровень квалификации персонала и степень удовлетворенности пользователей;
- Использование или нет технологии предотказной диагностики;
- Качество используемых запасных частей и расходных материалов;
- Использование технологии мониторинга эксплуатационных параметров устройств ЭВТ в режиме реального времени;…

К расчетным показателям качества услуг РТО ИВС, например, относятся:

- Степень полноты соблюдения регламента работ;
- Временные показатели (допустимое время простоя оборудования, продолжительность выполнения ремонта, время предоставления подменного оборудования, время инсталляции нового оборудования, время возврата инвестиций, время реагирования на заявки и др.);
- Показатели надежности (устойчивости) сетевой инфраструктуры (вероятность отказа и др.);…

Показатели качества услуг РТО ИВС обеих категорий должны быть приведены к единой шкале оценок с помощью коэффициентов масштабирования. Если показатели качества услуг РТО ИВС имеют разную степень важности для заказчика, необходимо использовать институт весовых коэффициентов.

Стандарт управления качеством услуг РТО ИВС был разработан на основе стандарта ГОСТ Р ИСО/МЭК 20000-2010 части 1,2 с учетом положений стандартов ГОСТ Р 1.0/1.2/1.4/1.5/1.12-2004, Р50.1.052-2005, ГОСТ 28470-90, ГОСТ Р ИСО 9000/9001-2008, 9004-2010, ГОСТ Р ИСО/МЭК 17799-2005, ИСО 10007-1995, ГОСТ Р 50936-96, ГОСТ 28.001-83, СТ СЭВ 5151-85, а также ФЗ-184 от 27.12.2002г. и др.

В заключение приведем список основных разделов стандарта управления качеством РТО ИВС на условиях аутсорсинга:

- Планирование и реализация процессов управления услугами (планирование, выполнение, контроль, совершенствование, системный подход к планированию и внедрению новых и измененных услуг);
- Процессы предоставления услуг РТО ИВС (управление качеством обслуживания потребителей услуг, подготовка отчетности по услугам, управление непрерывностью и доступностью услуг, управление бюджетом и учета затрат, управление ресурсами поставщика услуг, управление информационной безопасностью);
- Процессы отношений (отношения с потребителями услуг, управления партнерами);
- Процессы решения (установление приоритетов, управления инцидентами, управления проблемами);
- Процессы контроля (управление конфигурациями, управление изменениями);
- Процесс управления микропрограммным обеспечением;
- Мониторинг, измерения, анализ и оценка;
- Улучшения, инновации и обучение;
- Закупки (процесс закупок, информация по закупкам, верификация закупленной продукции, контроль минимального запаса);
- Руководства по применения стандарта (способы предоставления услуг, общие технические требования к услугам, требования безопасности, правила и процедуры приемки выполненных работ, методы контроля, транспортировка и хранение, гарантии).

Список литературы

1. *Денис М. Ахен, Арон Клауз, Ричард Тернер.* CMMI: Комплексный подход к совершенствованию процессов. Практическое введение в модель. Пер. с англ. – М.: «МФК», 2005. – 330 с.

2. *А.В. Бродский.* О возможности декомпозиции формально корректных задач оптимизации в системе автоматизированного проектирования аэрокосмической техники – Казань: Научно-технический вестник Поволжья, 2018, №7. – 136 с.

05.13.01

И.Б. Гинзбург канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»,
кафедра «Прикладная информатика»,
Москва, iliagi@mail.ru

СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АВТОНОМНОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ С ДРУГИМИ ВИДАМИ КЛИЕНТСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ОБЛАЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В работе показаны достоинства автономных веб-приложений и их преимущества по сравнению с другими видами клиентских приложений для ПК и мобильных устройств. Это позволяет сделать вывод о целесообразности применения автономных веб-приложений в облачных системах для хранения и обработки информации в различных отраслях, а также в других информационных системах со схожими требованиями к клиентским приложениям. Примерами систем, где такой вид приложений может быть востребован, являются информационные системы поддержки жизненного цикла изделий и геоинформационные системы.

Ключевые слова: *автономные веб-приложения, мобильные приложения, облачные информационные системы, клиентские приложения для облачных информационных систем.*

Рассматривая клиентские приложения в контексте распределенных облачных информационных систем, в частности систем поддержки жизненного цикла изделий (ЖЦИ) и геоинформационных систем (ГИС), можно сделать вывод, что наиболее востребованными качествами клиентских приложений являются: **кроссплатформенность** – переносимость единого клиентского приложения между разными программно-аппаратными платформами ПК и мобильных устройств; **отказоустойчивость** – возможность локального резервирования вводимых пользователем данных для их сохранения при разрывах соединения с сервером информационной системы (ИС) с последующей отправкой сохраненных данных на сервер при восстановлении соединения; **автономность** – возможность самостоятельной работы клиентского приложения ИС в режиме офлайн с ранее полученными с сервера данными и оперативное обновление локально сохраненных данных при их обновлении на сервере ИС при наличии подключения к серверу.

Эти качества всегда были важны для клиентских приложений ИС, однако технологические возможности их реализации были сильно ограничены, поэтому одновременно можно было обеспечить либо автономность и отказоустойчивость – с помощью нативных приложений, создаваемых отдельно для каждой программно-аппаратной платформы, либо кроссплатформенность – с помощью различных веб-интерфейсов.

Различными разработчиками, такими как Microsoft, Apple, Google, Oracle (Sun), Adobe и другими предпринимались попытки совместить эти три необходимые качества в веб-приложении с использованием дополнительных модулей веб-браузера. Эти попытки не были успешны из-за закрытого характера проводившихся разработок, проприетарных лицензий, ограничивающих использование и доработку предложенных технологий, и, как следствие, отсутствия поддержки многих разработчиков аппаратных средств и веб-браузеров.

До появления стандарта HTML5 промежуточной полумерой было использование средств Adobe PhoneGap и Apache Cordova для разработки приложений для мобильных устройств на базе HTML и JavaScript в особой нативной «обертке» для конкретной мобильной платформы.

С появлением и развитием открытого стандарта HTML5 с большими возможностями по автономному локальному сохранению данных появилась возможность совместить кроссплатформенность, отказоустойчивость и автономность в едином универсальном типе приложений, который назван автономным веб-приложением (АВП) [1, 2].

Такие приложения не имеют прямого доступа к аппаратным ресурсам устройства, так как выполняются в среде стандартного веб-браузера, представляющего собой дополнительный уровень абстракции. Именно это и позволяет АВП сочетать в себе перечисленные достоинства.

Это не является недостатком, так как аппаратное ускорение, как правило, не требуется при операциях просмотра или ввода текстовой и графической информации, а передача файлов не является ресурсоемкой операцией.

Далее приведены основные отличия АВП от других типов приложений для ПК и мобильных устройств:

1. Автономное веб-приложение. Доступ к ресурсам клиентского устройства предоставляется браузером с поддержкой HTML5 (cookies, кэш, локальные хранилища для кода и данных). Автономность работы: полная. Кроссплатформенность: полная. Отказоустойчивость при обрыве соединения с сервером: полная. Необходимости ручной установки и настройки нет. Дистанционное управление приложением: есть. Функциональность: любая, без аппаратного ускорения. Базовые технологии: HTML5, JavaScript и CSS3.

2. Веб-приложение с использованием «обертки» для мобильных устройств. Доступ к ресурсам клиентского устройства: предоставляется браузером (cookies и кэш) и его дополнительной «оберткой». Функции ограничены возможностями и правами доступа дополнительной обертки. Автономность работы: полная. Кроссплатформенность: частичная, только для мобильных устройств; зависит от поддержки «оберткой» данной платформы. Отказоустойчивость при обрыве соединения с сервером: полная. Необходима ручная установка и настройка программы. Дистанционного управления приложением нет. Функциональность: любая, без аппаратного ускорения. Базовые технологии: HTML5, JavaScript и CSS3 в PhoneGap, Apache Cordova.

3. Веб-приложение с использованием дополнительных модулей браузера. Доступ к ресурсам клиентского устройства: предоставляется браузером (cookies и кэш) и его дополнительными модулями. Функции ограничены возможностями и правами доступа дополнительных модулей. Автономность работы: частичная; компонент, запускаемый в модуле браузера, недоступен автономно после закрытия и повторного открытия браузера. Кроссплатформенность: частичная, только для ПК; зависит от поддержки платформой данного модуля браузера. Отказоустойчивость при обрыве соединения с сервером: частичная, до закрытия окна браузера. Необходима ручная установка модуля браузера. Дистанционное управление приложением: есть. Функциональность: любая, с частичным аппаратным ускорением. Базовые технологии: ActionScript в Adobe Flash, Oracle (Sun) Java в Java Applet, Microsoft .NET в Microsoft Silverlight.

4. Веб-интерфейс с AJAX. Доступ к ресурсам клиентского устройства: предоставляется браузером (cookies и кэш). Автономность работы: нет. Кроссплатформенность: полная. Отказоустойчивость при обрыве соединения с сервером: частичная, до закрытия окна браузера. Необходимости ручной установки и настройки нет. Дистанционное управление приложением: есть. Функциональность: отображение, ввод данных и манипулирование представлением, без аппаратного ускорения. Базовые технологии: HTML, JavaScript и CSS.

5. Традиционный веб-интерфейс. Доступ к ресурсам клиентского устройства: предоставляется браузером (cookies и кэш). Автономности работы нет. Кроссплатформенность: полная. Отказоустойчивости при обрыве соединения с сервером нет. Необходимости ручной установки и настройки нет. Дистанционное управление приложением: есть. Функциональность: отображение и ввод данных, без аппаратного ускорения. Базовые технологии: HTML, JavaScript и CSS.

6. Нативное приложение для ПК с использованием витруальной среды. Доступ к ресурсам клиентского устройства: предоставляется виртуальной средой и ОС, ограничен только правами доступа, возможен полный. Автономность работы: полная. Кроссплатформенность: частичная, только для ПК; зависит от поддержки виртуальной

средой данной ОС. Отказоустойчивость при обрыве соединения с сервером: полная. Необходима ручная установка и настройка виртуальной среды и самой программы. Дистанционное управление приложением: требует настройки виртуальной среды и родительской ОС. Функциональность: любая, с частичным аппаратным ускорением. Базовые технологии: HTML, JavaScript, CSS, Adobe Flash в Adobe AIR, Oracle (Sun) Java в Java Platform.

7. Нативное приложение для ПК или мобильного устройства. Доступ к ресурсам клиентского устройства: предоставляется ОС, ограничен только правами доступа, возможен полный. Автономность работы: полная. Кроссплатформенности нет. Отказоустойчивость при обрыве соединения с сервером: полная. Необходима ручная установка и настройка программы. Дистанционное управление приложением: требует настройки ОС. Функциональность: любая, с аппаратным ускорением. Базовые технологии: Microsoft C# и .NET для систем Windows, Apple Objective-C / Swift для iOS и OS X, Oracle (Sun) Java для Android.

В настоящее время крупные разработчики ПО для распределенных ИС, такие как Siemens, SAP и другие, обладают большим наработанным багажом нативных клиентских приложений для различных платформ ПК и мобильных устройств, а также предоставляют веб-интерфейсы с ограниченным функционалом для своих информационных систем.

Стоимость поддержки программного продукта растет пропорционально необходимому количеству платформ, которые нужно охватить. Даже для международных компаний, у которых достаточно ресурсов, чтобы охватить все виды платформ, разработка клиентского приложения для широкого круга потребителей из-за высокой стоимости универсализации сводится к выбору: на чем будет работать, а на чем – нет.

Для небольших компаний и индивидуальных разработчиков высокая стоимость мультиплатформенности становится непреодолимым барьером для быстрого выпуска унифицированного приложения, которое сможет использоваться самым широким кругом потребителей.

Учитывая разнообразие мобильных устройств, нарастающие тенденции использования корпоративными пользователями в рабочих целях собственных устройств, которыми они пользуются для досуга (англ. Bring Your Own Device, BYOD [3]), а также развитие Интернета вещей (англ. Internet of Things, IoT [4]), можно с уверенностью сказать, что для разработчика облачных ИС поддержка множества клиентов для большого количества разных платформ ПК и мобильных устройств с использованием традиционных средств станет очень затратным и почти нереализуемым мероприятием, если не найти новый способ это делать более эффективно.

Предлагаемое использование АВП [1, 2] позволяет создавать кроссплатформенные, отказоустойчивые, автономные клиенты для облачных ИС. Это особенно важно для ИС поддержки ЖЦИ и ГИС [5, 6]. АВП подходят наилучшим образом для создания контекстно-зависимых приложений, так как обеспечивают подачу необходимого программного функционала и данных авторизованному в браузере пользователю и могут работать автономно после инициализации на устройстве пользователя.

Сравнение возможностей АВП с другими видами клиентских приложений показало, что АВП имеет существенные преимущества, а их использование в качестве клиентских приложений для облачных ИС различного назначения является важным шагом в развитии таких систем.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-08-01641 А.

Список литературы

1. Гинзбург И. Б. Состав и архитектура взаимодействия модулей функционально насыщенного автономного веб-приложения для распределенных систем информационной поддержки различных этапов жизненного цикла аэрокосмической техники // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – №6. – С. 130–133.

2. *Гинзбург И. Б.* Автономные отказоустойчивые веб-приложения для систем обеспечения доступа к данным дистанционного зондирования Земли [Электронный ресурс] // Журнал «Труды МАИ». – 2015. – №84. – Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: http://trudymai.ru/published.php?ID=63149.

3. All About BYOD [Электронный ресурс] // CIO.com – Tech News, Analysis, Blogs, Video. – Режим доступа: http://www.cio.com/article/2396336/byod/all-about-byod.html

4. What is the Internet of Things? IoT Technology [Электронный ресурс] // SAP. – Режим доступа: https://www.sap.com/cis/trends/internet-of-things.html

5. *Гинзбург И. Б., Падалко С. Н., Терентьев М. Н.* Система мониторинга крупномасштабных объектов на базе многошлюзовой БСС с автономными отказоустойчивыми веб-клиентами // Электросвязь. – 2017. – №9. – С. 60–66.

6. *Гинзбург И. Б.* Использование автономного веб-приложения при работе с данными дистанционного зондирования Земли в задаче мониторинга лесного хозяйства // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – №10. – С. 165–168.

05.13.00

[1]И.В. Гоголева, [1]Л.А. Дарбасова, [1]М.И. Петрова, [1]Д.Н. Юмшанова, [2]М.А. Зайков, [2]Э.К. Данилов

[1]Якутская ГСХА,
[2]Арктический государственный институт культуры и искусств

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИКТ В ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Сегодня в условиях глобализации экономики, информатизации и ускоренного технического развития цивилизации, особое значение придается важнейшей сфере человеческой деятельности – обучению и воспитанию, во многом определяющей развитие отдельных наций в локальном смысле и человечества в мировом масштабе.

Ключевые слова: *обучение, информатизация, информационные технологии, предметная среда.*

Процесс обучения рассматривается как формирование особой информационно-образовательной среды на основе применения достижений современных информационных технологий (далее – ИТ). Виртуальная среда обучения рассматривается в работах Ж.М.Зайцевой, А. Калмыкова, М.Е. Вайндорф-Сысоевой; встречаются такие термины, как информационно-предметная среда (И.В. Роберт), предметное учебная среда (В.М . Монахов), информационно-педагогическая среда (А.А. Ахаян), ИКТ-насыщенная среда, высокотехнологичная образовательная среда (Ю.С.Песоцкий), информационно-коммуникационная образовательная среда ИКОС (С.В. Зенкина) и т.д.

К основным компонентам ИОС авторы относят: вычислительную и информационно-телекоммуникационную инфраструктуру, прикладные программы и информационные ресурсы, документацию, а также поддерживающие организационные системы (в том числе кадровые ресурсы).

При этом А.И. Башмаков и В.А. Старых выделяют пять уровней построения модели ИОС: бизнес-процессы, приложения, прикладные сервисы, общие сервисы и инфраструктура. Высшим из них выступает уровень инфраструктуры, подразумевающий использование всех предыдущих уровней.

Следует детализировать обязательные компоненты ИОС вуза с позиции информационных ресурсов и используемой компьютерной техники:

1. Информационно-образовательные ресурсы представляют собой: библиотечный фонд вуза, в том числе и включающий электронные издания; кафедральные фонды (монографическая и учебная литература, учебно-методические разработки, презентации и др.) как бумажного, так и электронного формата; доступ к сети Интернет через аудитории, оборудованные компьютерной техникой и учебные классы.

2. Компьютерные средства обучения представляют собой: компьютерную технику, ПО, прикладные программы; автоматизированную систему контроля знаний обучаемых.

Предлагается на занятиях спроектировать лабораторный стенд и обработать цифровой сигнал при помощи ИКТ [1,2]. Основой лабораторного стенда является преобразователь U и I импульсный инвертор. Метод изготовления печатной платы выбираем в зависимости от сложности схемы, конструктивно - технологических требований к изделию. Выбираем химический метод изготовления. Он основан на травлении фольгированного диэлектрика. В платах изготовленных химическим методом, вывод электро-радиоэлементов припаивается только к печатной контактной площадке. Это может привести к отслаиванию контактных площадок при повторных перепайках и при действии механических нагрузок [1,3].

При монтаже электрической схемы приемник навесные компоненты (интегральные микросхемы, пассивные элементы и т.д.) устанавливаются на печатную плату. Для нашего технологического процесса лучше всего подходят оловянно-свинцовые мягкие припои. На рис.1 приведена принципиальная схема ВББ-24.

В ходе работы основывались на принципиальную схему, в процессе работы использовали готовую печатную плату. Перед началом пайки необходимо провести некоторые операции предмонтажной подготовки. Выводы навесных компонентов перед монтажом выпрямляют и укорачивают с помощью шаблона и кусачек до требуемой длины согласно указаниям в технологической карте [14,5].

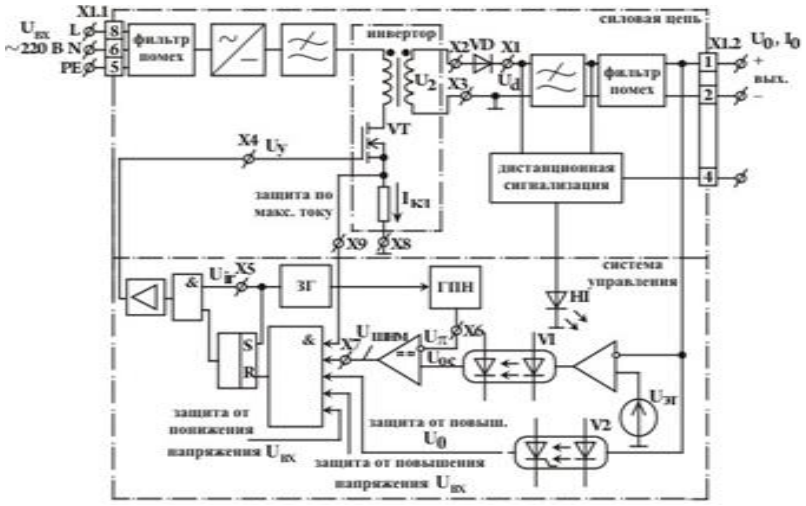


Рис. 1- Принципиальная схема ВББ-24

Примером сигналов, обеспечивающих максимальную помехоустойчивость при детерминированном неискажающем канале, являются сигналы, модулированные по фазе. На рис.2 представлена обработка цифрового сигнала в виде графика.

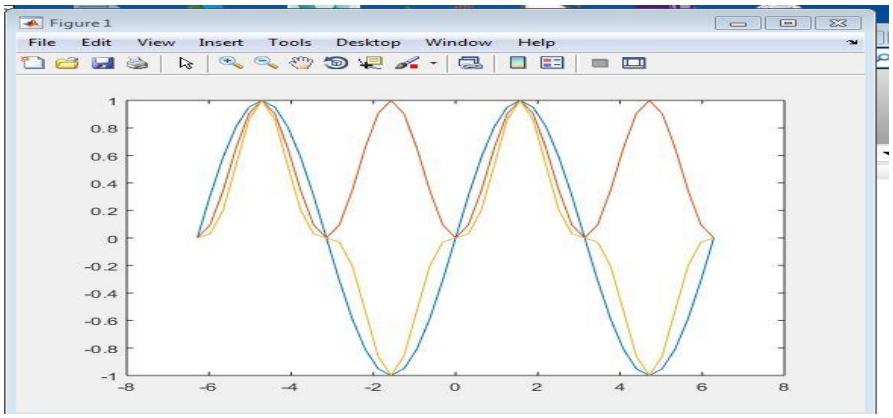


Рис. 2- Амплитудно-частотная характеристика

Сегодня информационные процессы влияют на все аспекты жизнедеятельности системы образования, с другой стороны сам процесс взаимодействия ее участников также является информационным, который связан с производством, потреблением, сохранением и обменом всевозможной информации. Учитывая данное обстоятельство, среду, в которой происходят данные процессы, можно рассматривать как информационную среду, развитие которой тесно связанно с устойчивым повышением степени технического обеспечения. В данной работе описывается разработка и изготовления печатной платы в процессе выполнения практической работы с применением ИКТ для формирования и обработки цифрового сигнала.

Список литературы

1. *Кокиева, Г.Е., Елтунова, И.Б., Рабданова, В.В.,* Учебно-методическое пособие по дисциплине «Основы компьютерных технологий». М., Изд-во «Перо», 2018. 120 с.

2. *Кокиева, Г.Е., Машиев, Ч.Г., Соловьев, Г.А., Елтунова, И.Б., Рабданова, В.В.* Моделирование динамического диапазона воздействия импульсных помех. / Г.Е. Кокиева., Ч.Г. Машиев., Г.А. Соловьев., И.Б. Елтунова., В.В. Рабданова. «Научно-практический электронный журнал Аллея Науки» №9(2), 4 стр. 2018.

3. *Кокиева, Г.Е., Машиев, Ч.Г., Соловьев, Г.А., Елтунова, И.Б., Рабданова, В.В.* Обоснование конструктивной особенности лабораторного стенда. / Г.Е. Кокиева., Ч.Г. Машиев., Г.А. Соловьев., И.Б. Елтунова., В.В. Рабданова Наука и образование: новое время (электронный журнал) №4, 2018, с.5.

4. *Кокиева, Г.Е., Машиев, Ч.Г.,Аммосов, И.Н., Рабданова, В.В., Елтунова, И.Б.*, Моделирование процессов воздействия импульсных помех/ Г.Е. Кокиева., Ч.Г. Машиев., И.Н. Аммосов., И.Б. Елтунова., В.В. Рабданова Наука и образование: новое время (электронный журнал) №5, 2018, с.5.

05.13.18

Г.Н. Гусев канд. техн. наук

Институт механики сплошных сред Уральского отделения РАН,
Отдел комплексных проблем механики деформируемого твердого тела,
Пермь, gusev.g@icmm.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ АРМИРОВАННОЙ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ. ЧИСЛЕННЫЙ И НАТУРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

В работе описаны экспериментальные исследования процессов разрушения кирпичной кладки, армированной как стальной, так и композитной арматурой. Результаты экспериментов позволяют осуществить замену требуемого армирования, выполненного стандартными материалами на композитные аналоги.

Ключевые слова: *кирпичная кладка, композитная арматура, численный и натурный эксперименты, ANSYS.*

Целью научно-исследовательской работы явилось экспериментально-теоретическое обоснование использования композитной арматуры для армирования кладки наружной версты из облицовочного керамического и силикатного кирпича толщиной 120 мм. Данное конструктивное решение используется для облицовки фасадной части большинства современных жилых зданий. Конструкции кладки испытывают существенные силовые воздействия, определяемые сопряжением с несущим каркасом здания, а также вызванные воздействием переменных полей температуры и влажности. В ряде случаем, при неправильно подобранном армировании кладки, в ней возникают дефекты, которые снижают ее несущую способность и влияют на эксплуатационную безопасность. Такого рода кладка армируется арматурой выполненной из антикоррозионных материалов. В описываемой работе впервые рассмотрен вариант использования альтернативного решения по армированию кладки с использованием композитных материалов. Приведены результаты как численного (Рис. 1), так и экспериментального моделирования. Обоснована возможность использования более современных и дешевых материалов.

В ходе исследования поведения кирпичной кладки наружной версты в условиях типового нагружения (с учетом моделирования температурно-климатического воздействия), определяемого условиями эксплуатации изучено ее напряженно-деформированного состояния, определены варианты механизмов разрушения кладки.

В соответствии с целью работ объектами исследования явились группы образцов, как отдельных компонентов кладки наружной версты (отдельные кирпичи, кубики и призмы из раствора, твердеющего на отсасывающем основании, фрагменты кладки), так и представительных элементов (фрагменты кладки размеров до двух метров). На основе испытаний, в том числе по ГОСТ [1], отдельных компонентов кладки, таких как раствор, кирпич, арматура, созданы математические модели проводимого эксперимента. По результатам испытания отдельных компонентов кладки получены как прочностные характеристики материалов, так и определены законы деформирования, которые использованы в верификационных задачах. В качестве критерия прочности, который используется для моделирования поведения кирпича и раствора использован критерий Вильяма-Варнке [2]. В качестве закона деформирования для раствора и кладки использован закон кинематического упрочнения, параметры которого, как и критерия прочности, определены из эксперимента. Для моделирования поведения армирующих элементов использован закон изотропного упрочнения.

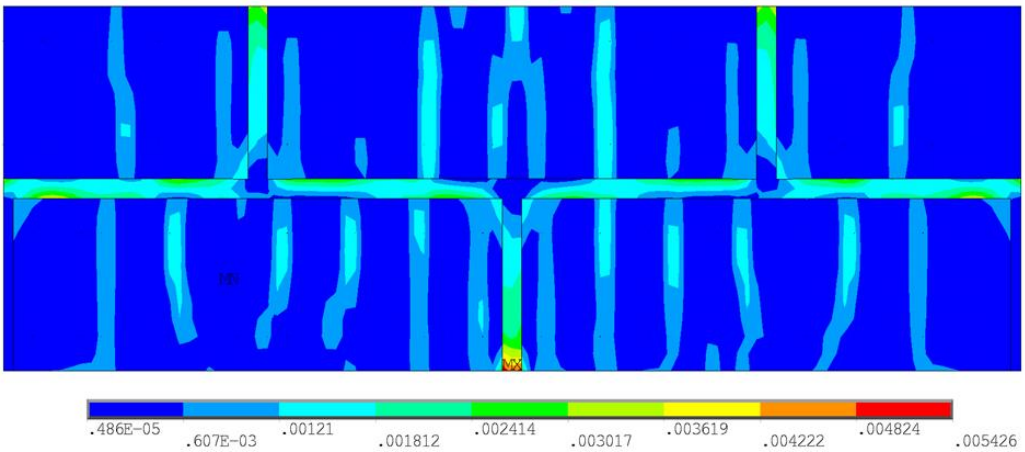


Рис.1 - Изополя распределения эквивалентных пластических деформаций в элементе кладки

В ходе работы над экспериментом была разработана и изготовлена специальная оснастка для испытания всех видов образцов. Построены диаграммы деформирования как отдельных компонентов кладки, так и кладки в целом. Проведены испытания непосредственно представительных объемов кладки на действие температурного воздействия, а так же моделирующих его работу в условиях приближенных к реальной конструкции (конструкции прототипу). Данный этап эксперимента позволил исследовать оба выявленных механизма разрушения кладки. Испытания образцов проведены как в климатической камере, так и при силовом воздействии. В ходе эксперимента исследовано НДС армированных композитной и стальной арматурой наборов представительных элементов кладки наружной версты, выполненной из керамического и силикатного кирпича. Произведена верификация созданных на начальном этапе исследования аналитических и численных моделей деформирования кладки. На основе анализа данных эксперимента и теоретических решений произведен подбор сортамента армирующих элементов для кладки в условиях предполагаемой работы. Описан ряд ограничений на возможность использования испытанных конструктивных решений. Возможность применимости композитной арматуры определена путем сравнения результатов испытания образцов с разной арматурой в предположении, что арматура из нержавеющей стали обеспечивает несущую способность конструкции по первому и второму предельным состояниям. Данная гипотеза позволяет испытать набор представительных элементов конструкции прототипа и провести сравнительный анализ их поведения (Рис.2.).

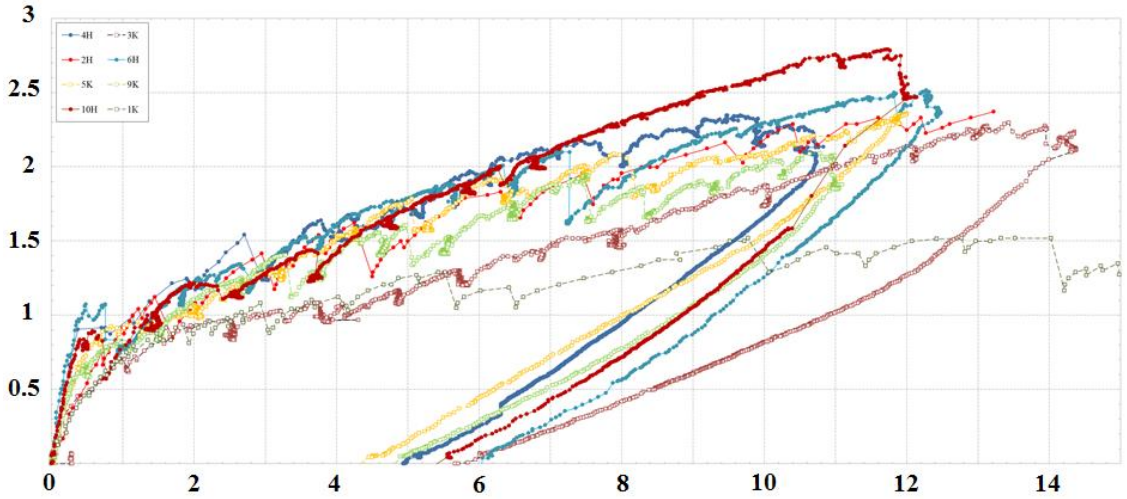


Рис 2. Экспериментальные диаграммы деформирования кирпичных стен – образцов. Зависимость перемещений низа стены (мм) от нагрузки (тс) при 3-х точечном изгибе.

Анализируя данные, полученные по результатам всех испытаний, разработаны технические условия применения композитной арматуры в кладке наружной версты [3]. Экспериментом доказана и обоснована возможность использования композитного материала в качестве армирующего наполнителя для кладки. Построены и верифицированы численные модели, позволяющие с достаточной степенью точности моделировать процессы разрушения сложных и неоднородных строительных конструкций.

Список литературы

1. *ГОСТ 5802-86.* Растворы строительные. Методы испытаний.
2. *Гусев Г.Н., Шардаков И.Н., Шестаков А.П.* Численное моделирование процессов образования трещин при взаимодействии стальной арматуры и бетона в железобетонных конструкциях//Механика, ресурс и диагностика строительных материалов и конструкций. Труды конференции, 2016 г.
3. *Лешкевич О.Н.* Перспективы применения композитной арматуры//Сборник «Проблемы современного бетона и железобетона, 2011.

05.13.06

Е.И. Егорова канд. техн. наук, А.И. Ахмадиев

Альметьевский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева - КАИ»

СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Большое число нерешенных проблем связано с автоматизацией проектирования технологических процессов (ТП). Практически все отечественные САПР ТП (САМ (САРР)-системы)) не позволяют на сегодняшний день полноценно автоматизировать разработку технологического процесса изготовления детали. Роль технолога-проектировщика остается решающей, так как он формирует маршрутный технологический процесс, основываясь на собственных знаниях, опыте, интуиции, предпочтениях (зачастую ошибочных). Проектное решение является субъективным.

Ключевые слова: *технологический процесс, деталь, модуль поверхности, граф, структурная модель, модель представления графической информации.*

Изготовление машиностроительной детали связано с затратами труда, материалов, энергии и времени. Поэтому она должна не только отвечать требованиям служебного назначения, но и отличаться от ранее выпущенных деталей аналогичного назначения меньшими затратами. Технолог должен разрабатывать технологические процессы, которые были бы наилучшими не только в техническом, но и в экономическом отношении. Информация о детали, приводимая в конструкторской документации должна отражать в явном виде то, что необходимо технологу для разработки технологии изготовления детали. Эта задача решается посредством представления детали структурированным множеством модулей поверхностей и модулей соединений (рисунок 1) [1]. Состав модулей поверхностей и модулей соединений позволяет определить технологические переходы, необходимые для изготовления модулей, а структура множества устанавливает связи между модулями, их относительную ориентацию в детали, что необходимо для разработки технологических процессов изготовления деталей.

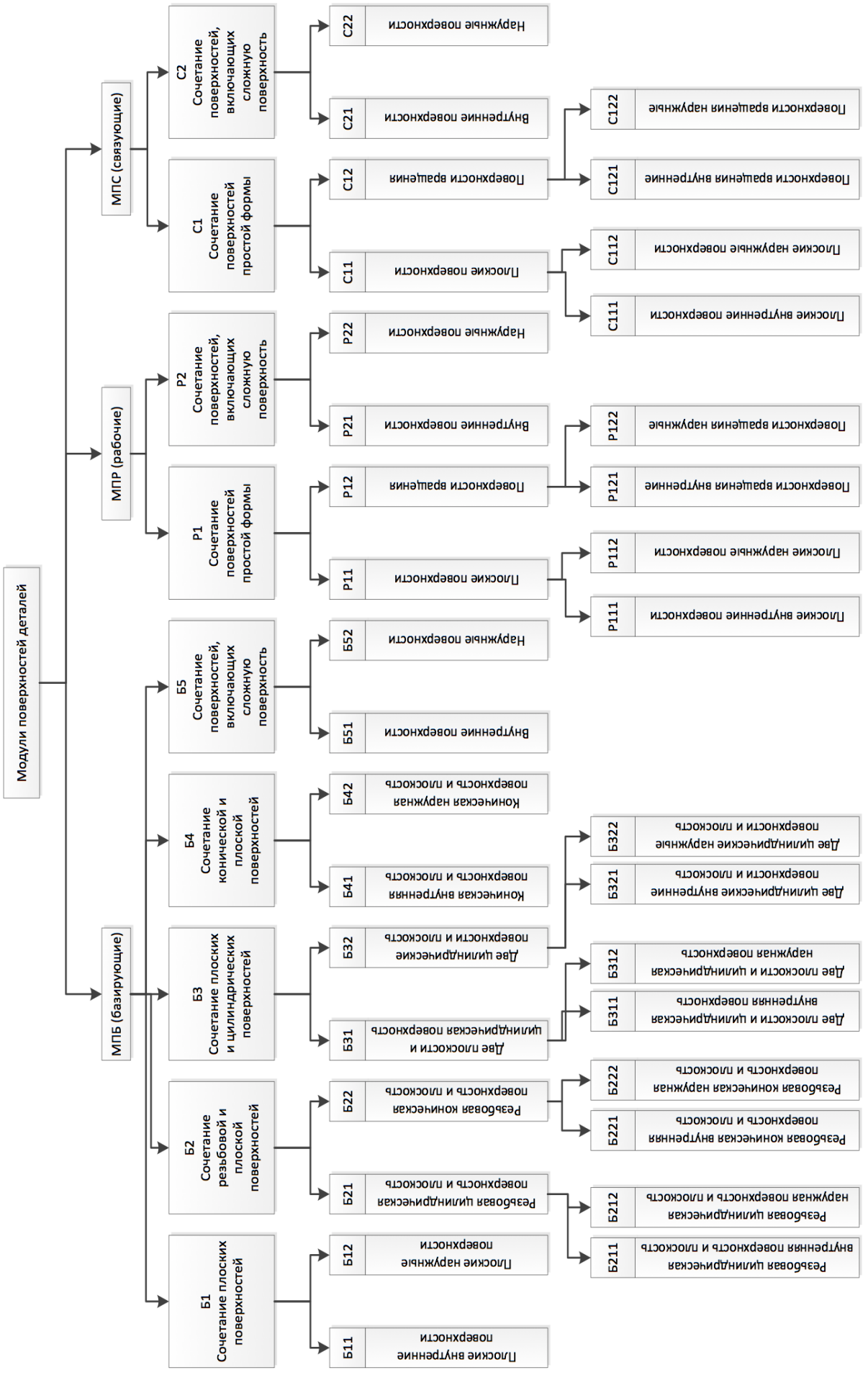


Рис 1- Классификация модулей поверхностей

С этой точки зрения деталь рассматривается как совокупность точек, отрезков, прямых, а также поверхностей, образованных этой совокупностью. Деталь рассматривается как упорядоченное множество модулей поверхностей, представленных и описанных в виде графа. Граф модулей поверхностей детали описывается исходя из:

- служебного назначения каждой поверхности детали, которые объединяются в соответствующие модули поверхностей;
- определения базирующего модуля поверхности детали, являющимся комплектом основных баз детали, и устанавливающим модули поверхностей, служащие конструкторскими базами для других.

Учитывая вышеизложенное граф строится таким образом, что на первом уровне располагается базирующий модуль поверхности, выступающий в роли комплекта основных баз детали, на втором уровне размещаются модули поверхности, базой которых является базирующий модуль поверхности первого уровня. На третьем уровне размещаются модули поверхности, базой которых являются модули поверхностей второго уровня и так далее, до последнего модуля поверхности (рисунок 2). Двойной линией показаны модули поверхности, являющиеся конструкторскими базами для других модулей поверхности.

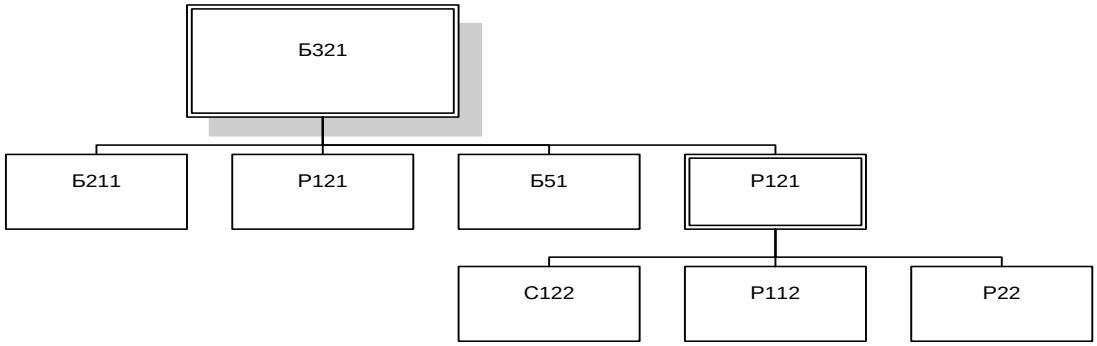


Рис.2- Граф модулей поверхностей детали Д

Полученный граф модулей поверхности детали показывает номенклатуру и число модулей поверхности, входящих в состав детали, их конструкторские размерные связи, а приведенные на ребрах графа значения квалитета или допуска характеризуют уровень точности положения каждого модуля поверхности относительно его конструкторской базы. Расшифровка модулей поверхностей указана в таблице 2.1.

В конечном итоге задача классификации заключается в том, чтобы получить номенклатуру модулей поверхностей в виде их конструктивно – геометрического оформления, которые в дальнейшем служат проектными модулями. Далее каждый класс модулей поверхностей подразделяется по признакам, характеризующим конструктивно – геометрическое оформление модулей поверхностей. Опытный конструктор мыслит «не отдельными поверхностями, а сочетаниями поверхностей», и в этом случае формализация этих представлений в виде модулей поверхностей помогает ему в проектировании деталей.

Проектирование деталей методом компоновки из модулей поверхностей предполагает иное оформление чертежа. Чертеж становится сборочной единицей. На чертеже детали должны быть указаны модули поверхностей, из которых она состоит, шифр каждого модуля поверхности в соответствии с рисунком1.

Чертеж детали, согласно структурной модели представления информации, в конечном итоге представляется в виде таблицы данных 1, которая содержит модули поверхностей, конструкторские базы, шесть координирующих размеров X,Y,Z,φ,ψ,Θ, что позволяет использовать полученную информацию на следующем этапе – этапе проектирования технологических процессов.

Таблица 1. Пример таблицы - база знаний детали корпус

№	МП	Базовые МП	Параметры относительного положение МП					
			X, мм	*Y*, мм	*Z*, мм	*φ*°	*ψ*°	*θ*°
1	2	3	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
1.	Р111	5 Б311	25	35	-48	45	15	20
2.	Б211	5 Б311	0	0	0	0	90	0
3.	Б211	5 Б311	0	0	0	23	47	0

Создание интеллектуальной поддержки при проектировании технологических процессов в виде автоматически сформированных технологических решений обеспечивает привязка металлорежущего оборудования к технологическим методам обработки поверхностей детали, с учетом максимального диаметра инструмента и размера рабочей области станка которые представляются в виде матрицы альтернативных решений с набором качественных и количественных характеристик объекта проектирования.

Качественный показатель является величиной комплексной, который зависит от качественных показателей каждого структурного элемента. Важными качественными показателями технологического процесса являются время обработки, которое предприятие стремится сократить и производительность процесса, которое предприятие стремится увеличить. Уровни иерархии технологического процесса, такие как ОПЕР, ПОЗ и УСТ, характеризуются выбранным металлорежущим оборудованием. В современном машиностроении целесообразно стремиться применять современные обрабатывающие центры с ЧПУ, где возможна многопозиционная обработка, которая позволит сократить установы/ переустановы.

Это приведет к сокращению основного времени обработки и позволит увеличить производительность. На уровнях иерархии технологического процесса, таких как, ПЕР и РХ, качественным показателем будет являться припуск на обработку, который является расчетной величиной. Решается технологическая задача, возможно ли снять припуск за один РХ или нет. Если припуск на обработку меньше расчетной величины, то заданное чертежом качество не будет получено в ходе обработки, если припуск больше расчетной величины, то требования чертежа по заданному качеству будет выполнено, но с большими затратами, то есть производительность процесса уменьшится, а себестоимость обработки возрастет. Поэтому необходимо стремиться к тому, чтобы снимаемый припуск был равен расчетной величине. К количественным показателям технологического процесса относятся все те величины, которые рассчитываются или берутся из чертежа. Очень важно на стадии проектирования исключить ошибки расчетного характера и производить выбор станка, инструмента, приспособления не «примерно», более или менее подходящего под расчетные величины.

Методика формирования технологического процесса, наряду с разработкой его содержания и расчетом параметров обеспечивает получение законченного комплекса итоговых показателей каждого варианта его выполнения, необходимого для объективной сравнительной оценки эффективности всех альтернативных вариантов его реализации и отбора оптимального варианта. Проектное технологическое решение представлено в виде модели, которая описывается типовыми элементами и связями (информационными, пространственными, временными) их соединяющими [2].

Из вышеизложенного можно сделать следующий вывод:

Изменив подход к традиционному представлению графической информации появляется возможность оперировать качественными и количественными характеристиками процесса проектирования в технологической подготовке с минимальными сроками перенастройки производства, с учетом технико-экономических показателей.

Список литературы

1. *Базров Б.М.* Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. 2-е изд. М.: Машиностроение, 2007.-736с.:ил.

2. *Л. Симонова* Информационное обеспечение управления технологическими маршрутами. Интегрированные информационные системы в машиностроении. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH&Co.KG-189,2012.

05.13.01

Е.В. Ильинская канд. экон. наук, В.В. Ломакин канд. техн. наук,
Р.Г. Асадуллаев канд. техн. наук, Т.В. Зайцева канд. техн. наук

Белгородский национальный исследовательский университет,
институт инженерных и цифровых технологий,
кафедра прикладной информатики и информационных технологий,
Белгород, chmireva@bsu.edu.ru, lomakin@bsu.edu.ru, asadullaev@bsu.edu.ru,
zaitseva@bsu.edu.ru

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ КОРПОРАТИВНОГО УРОВНЯ

В работе рассматриваются вопросы анализа рисков при разработке информационных систем, излагаются наиболее актуальные для российских компаний методики оценки рисков. Предложена методика проведения оценки рисков, возникающих при разработке автоматизированных информационных систем корпоративного уровня.

Ключевые слова: *автоматизированная информационная система, оценка рисков, проектный риск.*

Автоматизированные информационные системы корпоративного уровня являются действенным инструментом управления компанией, с помощью которого возможно рационализировать процесс принятия решений, моментально получать достоверную информацию, что в свою очередь снизит затраты за счет увеличения гибкости. Типичными характеристиками таких приложений являются:

- развитая модель данных;
- множество (до нескольких сотен) унифицированных экранных форм;
- поддержка большого количества (десятков) бизнес-процессов, в том числе бизнес-процессов со сложной логикой (десятки задач, ветвление);
- множество (до нескольких сотен) отчетов;
- требования по разграничению прав доступа к функциям и данным.

Разработка автоматизированных информационных систем такого уровня представляет собой весьма длительный и трудоемкий процесс, включающий в себя несколько этапов и сопровождающийся большим количеством рисков. Риск представляет собой нежелательную неблагоприятную ситуацию и связанные с ней последствия, наступление которых сокращает вероятность успешной реализации проекта [1].

При разработке автоматизированных информационных систем корпоративного уровня для нейтрализации факторов риска целесообразно использовать следующий алгоритм управления рисками:

1. На первом этапе выполнять качественную оценку рисков (идентификацию), включающую определение типов рисков и факторы их возникновения.
2. На втором этапе производить количественную оценку рисков, включающую расчет вероятности наступления нежелательного события и его последствий.
3. На третьем этапе, на основе результатов предыдущих этапов, принятие решения о необходимости применения мер по снижению влияния риска на успешную реализацию проекта по разработке автоматизированной информационной системы корпоративного уровня [2].

Основная цель управления рисками при разработке проекта – это повышение эффективности проекта за счет устранения либо минимизации рисков и их последствий.

К показателям успешности проекта по разработке корпоративной информационной системы относятся бюджет, сроки реализации проекта и качество. В этой связи основными рисками являются риск превышения бюджета проекта, риск превышения сроков, риск неудовлетворительного качества проекта. Для каждого конкретного проекта, помимо указанных рисков, существуют частные риски, оказывающие влияние на основные показатели успешности проекта. Например, для проекта по разработке корпоративной информационной системы существует риск, связанный с большим числом подрядчиков и т.д.

Важной составляющей управления рисками является их оценка. Необходимо наличие инструментальных средств, позволяющих оценивать риски с учетом критериев и ограничений проекта разработки автоматизированной системы [3]. Методики оценки рисков для автоматизированных информационных систем преследуют одну и ту же цель: понять, какие риски наиболее актуальны для информационной системы организации.

Рассмотрим несколько наиболее актуальных для российских компаний методик, которые используются как в России, так и в мире.

Метод CRAMM – метод, разработанный Агентством по компьютерам и телекоммуникациям Великобритании [4]. Этот метод отличается комплексным подходом, сочетающим как количественные, так и качественные способы описания рисков при попытке их анализа, что, несомненно, можно отнести к его достоинствам. Этот метод заключается в описании защищаемых ресурсов с помощью выражения их денежной ценности, после чего определяется необходимый уровень защиты системы в соответствии с ценностью защищаемых данных. Далее проводится комплексная оценка угроз для каждого из ресурсов, а также уровня данных угроз, после чего используются стандартные рекомендации исходя из уровня угроз и требуемого уровня защиты данного ресурса. В реальной жизни CRAMM применяется специально обученными аудиторами, использующими обширную базу готовых примеров реализации метода для более чем тысячи ресурсов информационных систем предприятия. Основной недостаток метода, не в необходимости привлечения сторонних аудиторов, а в том, что он разработан для аудита и анализа уже эксплуатирующийся информационных систем, в связи с чем не слишком подходит для этапа проектирования системы. В связи с английским происхождением метода, базы и программы для него имеют англоязычную реализацию, что может вызвать затруднения во множестве российских организаций.

Другой метод, RiskWatch, разработанный американской компанией RiskWatch Inc, может быть использован отдельно для анализа физических и программных рисков [5]. В отличие от CRAMM, данный метод в большей степени ориентирован на то, чтобы ещё на этапе проектирования той или иной информационной системы учесть все грозящие ей риски. Рекомендации в данном случае выдаются на основании известной аксиомы о том, что стоимость защиты не должна превышать стоимость потерь компании от реализации того или иного риска в реальной жизни. В данном методе сначала определяются категории защищаемых ресурсов, затем описываются возможные потери и классы инцидентов. Для этого используется специальный опросник, содержащий более шестисот вопросов, позволяющих максимально полно и точно описать риски для информационной системы организации. Затем устанавливаются связи между ресурсами, потерями и рисками, на основании чего проводится количественный расчет ожидаемых потерь и выдаются рекомендации по конкретным мерам защиты. Метод позволяет просчитывать риски как при отсутствии средств защиты, так и при их внедрении, что делает возможным определения рентабельности внедрения того или иного технического решения в организации. К недостаткам метода RiskWatch относятся трудности учета и количественного описания административного и организационного фактора, который часто не менее важен, чем технические средства защиты от информационных рисков, и проблема языкового барьера.

Альтернативой рассмотренных выше методов является российская разработка - метод ГРИФ, разработанный компанией Digital Security [6]. В отличие от статичных CRAMM и RiskWatch, он анализирует движущиеся внутри компании информационные потоки, что

дополняется анализом угроз и уязвимостей. При анализе информационных потоков стоится полная модель всей информационной системы организации, включающая в себя все информационные ресурсы, их пользователей и имеющиеся у этих пользователей права доступа, а также средств защиты ресурсов; на основании данной информации затем строится карта связей пользователей и ресурсов в корпоративной информационной системе. Далее с помощью специальных опросников проводится определение адекватности комплексной политики безопасности реальной структуре информационной системы, что является отправной точкой для дальнейшего анализа в терминах угроз и уязвимостей. На данном этапе определяются угрозы и уязвимости для каждого из информационных ресурсов организации, после чего обновленная модель просчитывается с помощью хорошо известных вероятностных математических моделей, что затем даёт возможность определить рекомендации для каждого из корпоративных информационных ресурсов. К плюсам данной методики, несомненно, можно отнести учет «динамики» в виде существующих внутри организации информационных потоков, а также возможность учета комплексных политик информационной безопасности, однако есть и свои минусы, заключающиеся в заметно меньшей базе типовых решений, что может заметно увеличить продолжительность и стоимость анализа информационных рисков организации, а также отсутствие достаточного числа консалтеров, которые в полной мере владеют данной методикой.

На наш взгляд, для получения комплексной оценки рисков, возникающих при разработке автоматизированных информационных систем корпоративного уровня, наиболее простым и понятным способом является методика проведения экспертной оценки рисков. В имеющихся исследованиях рассмотрены примеры применения методики экспертной оценки рисков корпоративных информационных систем [7]. Для совершенствования данной методики с точки зрения получения более достоверных и согласованных экспертами результатов введем дополнительные этапы оценки рисков.

Итак, любой проект разработки автоматизированной информационной системы корпоративного уровня, вне зависимости от специфики, сопровождается множеством различных рисков, которые включают в себя определенное количество возможных и характерных факторов.

Методика проведения экспертной оценки рисков при разработке автоматизированной информационной системы корпоративного уровня, состоит из последовательности этапов:

1. Формирование экспертных групп из соответствующих специалистов (IT-специалисты, экономисты, аудиторы, которые имеют опыт работы с аналогичными проектами).
2. Составление исчерпывающего перечня рисков, который целесообразно сгруппировать в тематические группы, например: технологические риски, финансово-экономические, социально-политические, коммерческие и тому подобное. В каждой группе по каждому риску необходимо выявить все возможные факторы, оказывающего влияние на успешную реализацию проекта по разработке автоматизированной информационной системы корпоративного уровня. В таблицу 1 группу рисков G отнесли число рисков равное M, у риска 1 выявили L_1-факторов, у риска 2 – L_2-факторов, и соответственно у риска M – L_m-факторов.
3. Эксперты, работая в отдельности, в зависимости от своей компетенции, оценивают соответствующие группы рисков, а именно все выявленные факторы каждого риска, и заполняют таблицу 1.

Для определения важности фактора риска необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$V_{ij}^n = P_{ij}^n * O_{ij}^n, \quad (1)$$

где V_{ij}^n - важность j-го фактора i-го риска, выставленная n-м экспертом;

P_{ij}^n - вероятность наступления j-го фактора i-го риска, выставленная каждым экспертом;

O_{ij}^n - опасность или угроза j -го фактора i-го риска выставленная n-м экспертом;

i - номер риска (i= 1, 2... M);

M - число рисков;

j - номер фактора риска (j=*1,2...*L_i*);*
L_i - количество факторов i-го риска;
n - номер эксперта *(n* = 1, *2...N);*
N - число экспертов;
G – количество групп рисков.

Таблица 1 - Оценка факторов группы рисков каждым экспертом

Наименование рисков	Наименование факторов рисков	Опасность	Вероятность	Важность
Группа рисков G				
Risk 1	Factor 1	O_{11}^n	P_{11}^n	V_{11}^n
	…	…	…	…
	Factor L_1	O_{1L}^n	P_{1L}^n	V_{1L}^n
Risk 2	Factor 1	O_{21}^n	P_{21}^n	V_{21}^n
	…	…	…	…
	Factor L_2	O_{2L}^n	P_{2L}^n	V_{2L}^n
	…	…	…	…
Risk m	Factor 1	O_{m1}^n	P_{m1}^n	V_{m1}^n
	…	…	…	…
	Factor L_m	O_{mL}^n	P_{mL}^n	V_{mL}^n

4. Определение уровня компетентности экспертов. Т.к. корпоративные информационные системы достаточно новая сфера деятельности и ещё не сформировалось достаточное количество специалистов с необходимым уровнем профессиональной компетентности этот этап является обязательным в методике проведения экспертной оценки рисков. При определении компетентности эксперта важным фактором является его специализация и наличие практического опыта работы в рассматриваемой сфере. Также учитывается квалификация в области научной работы, которая характеризуется наличием публикаций по проблематике проведения экспертизы.

Для вычисления нормированного уровня компетентности эксперта используем следующую формулу:

$$K_n = \frac{k_n}{k_{\text{общ}}}, \quad (2)$$

K_n - нормированный уровень компетентности эксперта n;
K_n- уровень компетентности эксперта n;
$k_{\text{общ}}$ - общий уровень компетентности всех экспертов.

В свою очередь общий уровень компетентности экспертов рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{общ}} = \sum_{n=1}^{N} k_n. \quad (3)$$

5. Анализ экспертных оценок. Определяются противоречия в оценках экспертов. Проводится согласования экспертных оценок на совещании экспертов. Для этого применяют следующие правила.

1) максимально допустимое различие в оценках между двумя экспертами не должно превышать 50:

$$\max_i |a_i - b_i| \le 50 \quad (4)$$

2) разрешает обнаружить пару экспертов, мысли которых имеют наибольшее расхождение:

$$\frac{\sum_i |a_i - b_i|}{M} \le 25 \quad (5)$$

где ai, bi - оценки i - го риска экспертами a и b, соответственно; M - число рисков.

В том случае, если между суждениями экспертов будут выявленные противоречия, то есть не выполняется хотя бы одно из правил, это обсуждается и согласовывается на открытых совещаниях экспертов.

6. Необходимо заполнить таблицу определения интегральной оценки каждого фактора всех выявленных рисков (таблица 2).

Таблица 2 - Интегральная оценка факторов рисков

№ п/п	ФИО эксперта	Уровень компетентности эксперта	Нормированный уровень компетентности эксперта	Важность j-го фактора i-го риска	Интегральный уровень j-го фактора i-го риска
1	ФИО 1	k_1	K_1	V_{ij}^1	f_{ij}^1
2	ФИО 2	k_2	K_2	V_{ij}^2	f_{ij}^2
…	…	…	…	…	…
N	ФИО N	k_N	K_N	V_{ij}^n	f_{ij}^n
Итого	-	$k_{общ}$	1	-	F_{ij}

Далее необходимо рассчитать интегральный уровень для каждого фактора риска:

$$f_{ij}^n = K_N * V_{ij}^n, \quad (6)$$

где f_{ij}^n - интегральный уровень j-го фактора i-го риска с учетом нормированной компетентности n-го эксперта;

K_N - нормированный уровень компетентности n-го эксперта;

V_{ij}^n- важность j-го фактора i-го риска, рассчитанная n-м экспертом.

7. Необходимо определить средний интегральный уровень каждого фактора всех выявленных рисков по следующей формуле:

$$F_{ij} = \sqrt[N]{\prod_{n=1}^{N} f_{ij}^n}, \quad (7)$$

где F_{ij}- средний интегральный уровень j-го фактора i-го риска. Данные для расчётов берем из таблицы 2.

8. После определения среднего значения интегрального уровня фактора риска необходимо рассчитать итоговый риск:

$$r_i = \sqrt[L_i]{\prod_{j=1}^{L_i} F_{ij}}, \quad (8)$$

где r_i - результирующая оценка риска;

L_i – количество факторов каждого риска;

i – номер риска (i=1,2.. M);

F_{ij}- средний интегральный уровень j-го фактора i-го риска.

9. Для расчёта общего риска воспользуемся средним геометрическим:

$$R_{общ} = \sqrt[M]{\prod_{i=1}^{M} r_j}, \quad (9)$$

где $R_{общ}$- общий риск проекта.

10. Далее необходимо определить все возможные изменения показателей проекта по разработке автоматизированной информационной системы корпоративного уровня (таблица 3).

Таблица 3 – Изменения показателей проекта

Изменение показателей проекта	Оценка риска, $R_{общ}$				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Увеличение бюджета, %	50-75	75-100	100-125	125-150	150-200
Превышение сроков реализации, %	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120
Снижение качества, %	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60

Для каждого конкретного проекта разработке автоматизированной информационной системы корпоративного уровня представленная таблица будет индивидуальной с учетом особенностей проекта и его масштабов. Выбор шкалы величины риска и шкалы изменения показателей проекта также осуществляется индивидуально для каждого проекта, в зависимости от его специфики.

На основе полученных в таблице 3 данных по изменению основных показателей проекта разработки автоматизированной информационной системы корпоративного уровня можно повысить эффективность проекта, путем корректировки его бюджета, сроков реализации и качества.

Предложенная методика проведения оценки рисков, возникающих при разработке автоматизированных информационных систем корпоративного уровня, позволяет рассчитать общий риск проекта с учетом всех факторов каждого риска, определить изменения значений основных показателей проекта за счет достоверных и согласованных экспертами результатов.

Таким образом, оценка рисков является важным и необходимым этапом управления рисками при разработке автоматизированных информационных систем корпоративного уровня, на основе которого можно принимать решения о необходимости применения мер по нейтрализации риска либо снижению влияния риска на успешную реализацию проекта.

Выполнено в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства «Разработка методологии и инструментальных средств создания прикладных приложений, поддержки жизненного цикла информационно-технологического обеспечения и принятия решений для эффективного осуществления административно-управленческих процессов в рамках установленных полномочий», 2017-2018-09-187; постановление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. No 218.

Список литературы

1. *Асадуллаев, Р.Г.* Разработка средств оценки проектных рисков при создании информационных систем для сферы государственных услуг /Р.Г. Асадуллаев, В.В. Ломакин, Н.П. Путивцева, О.С. Резниченко, Ю.Ю. Белоконь // Научно-технический вестник Поволжья, 2017. –№ 5. – С. 120-122.

2. *Зыков, С. В.* Основы проектирования корпоративных систем / С. В. Зыков. – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2012. – 600 с.

3. *Ломакин, В.В.* Система поддержки принятия решений с автоматизированными средствами корректировки суждений экспертов /В.В. Ломакин, М.В. Лифиренко//Научные ведомости Белгородского государственного университета: научный журнал. -Белгород: Издательский дом «Белгород», 2014. –№1(172) вып. 29/1. – С. 114-120.

4. *Гнедаш, Е.В.* Метод CRAMM – комплексный подход к оценке рисков / Е.В. Гнедаш // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов II Международной конференции «Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине» / под ред. О.Г. Берестневой, О.М. Гергет; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – С.128-130.

5. *Староверова, Н.А.* Анализ существующих методов оценки рисков корпоративных информационных систем / Н.А. Староверова, З. Фадхкал //Вестник Казанского технологического университета, 2013. –Т. 16. –№ 9. –С. 282-287.

6. *Файзулаев, Д.Ф.* Методы и средства анализа рисков информационной безопасности предприятия / Д.Ф. Файзулаев Д.Ф., Б.Б. Морозов //Безопасность информационных технологий, 2017. –Т. 24. – № 3. – С. 69-74.

7. *Авдеева, Е.С.* Методика экспертной оценки рисков при внедрении корпоративных информационных систем / Е.С. Авдеева, В.Г. Чернов, Д.А. Градусов // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение, 2010. – №4. – С. 5-11.

05.13.19

[1]Э.Р. Марданшин, [2]В.В. Афанасьев д-р техн. наук

[1]Государственное унитарное предприятие «Центр информационных технологий Республики Татарстан»,
[2]Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева, институт радиоэлектроники и телекоммуникаций,
кафедра радиоэлектронных и квантовых устройств,
Казань, m.emil89@mail.ru, VVAfanasev@reku.kstu-kai.ru

СЕЛЕКТИВНОЕ РЕЖЕКТИРОВАНИЕ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ СХЕМЫ ЧУА В СИСТЕМАХ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Проведено моделирование и исследование селективного режектирования сигналов дискретно-нелинейной системы Чуа. Разработана структура режекторного фильтра, получены оценки коэффициента подавления трехмерных сигналов схемы Чуа при вариации частоты дискретизации. Показано, что селективное режектирование маскирующих псевдослучайных сигналов схемы Чуа сохраняет информацию о манипуляции фазы информационных сигналов.

Ключевые слова: *динамический хаос, система Чуа, псевдослучайный сигнал, режекторный фильтр.*

Повышение эффективности современных систем связи связано с обеспечением требуемого уровня конфиденциальности передачи данных в условиях реальной сигнально-помеховой обстановки и неразрывно связано с задачей подавления действующих шумов и помех. В настоящее время особое внимание уделяется новым носителям информации на основе динамического хаоса [1]. Эффективным способом избирательного подавления помех с последующим выделением полезного сигнала для систем связи с конфиденциальной передачей информации, является применение устройств селективного режектирования псевдослучайных сигналов, порождаемых нелинейными системами с хаотической динамикой [2]. В качестве генераторов маскирующих шумоподобных сигналов широко используются системы Лоренца и Чуа с динамическим хаосом [3]. Избирательное подавление псевдослучайных сигналов на основе дискретно-нелинейной системы Лоренца, рассмотрено в [4]. Особенности режектирования маскирующих 3-D сигналов, генерируемых на основе дискретно-нелинейной системы Чуа с динамическим хаосом, в настоящее время исследованы недостаточно.

Целью работы является анализ селективного режектирования сигналов, схемы Чуа в системах конфиденциальной передачи информации, с выработкой рекомендаций по выбору параметров цифровых режекторных фильтров.

На основе принципа двухканальности теории инвариантности [5,6], избирательное подавление компонент 3-D сигнала схемы Чуа, предлагается выполнять согласно:

$$U_{outx}(t) = \left[\frac{d(U_{inx}(t))}{dt}\right] - \left[a \cdot (U_{iny}(t) - h(x))\right], \quad (1)$$

$$U_{outy}(t) = \left[\frac{d(U_{iny}(t))}{dt}\right] - \left[U_{inx}(t) - U_{iny}(t) + U_{inz}(t)\right], \quad (2)$$

$$U_{outz}(t) = \left[\frac{d(U_{inz}(t))}{dt}\right] - \left[-b \cdot U_{iny}(t)\right], \quad (3)$$

где: $h(x)$ – кусочно-линейная аппроксимация нелинейного элемента схемы Чуа, $U_{inx}(t)$, $U_{iny}(t)$, $U_{inz}(t)$ - X, Y и Z компоненты входного 3-D сигнала, соответственно, a, b – параметры схемы Чуа, $U_{outx}(t), U_{outy}(t), U_{outz}(t)$ - сигналы на выходе НРФ для X, Y и Z компонент, соответственно.

Структурная схема исследуемого в работе трехканального режекторного фильтра,

реализующего предлагаемый алгоритм (1) - (3), представлена на Рис.1, где: 1,2,3 – устройства дифференцирования сигналов, 4,5,6,7,8,9 – вычитающие устройства, 10,11 – перемножители, $U_{inx}(t)$, $U_{iny}(t)$, $U_{inz}(t)$ и $U_{outx}(t)$, $U_{outy}(t)$, $U_{outz}(t)$ - компоненты X,Y,Z входного и выходного сигналов фильтра.

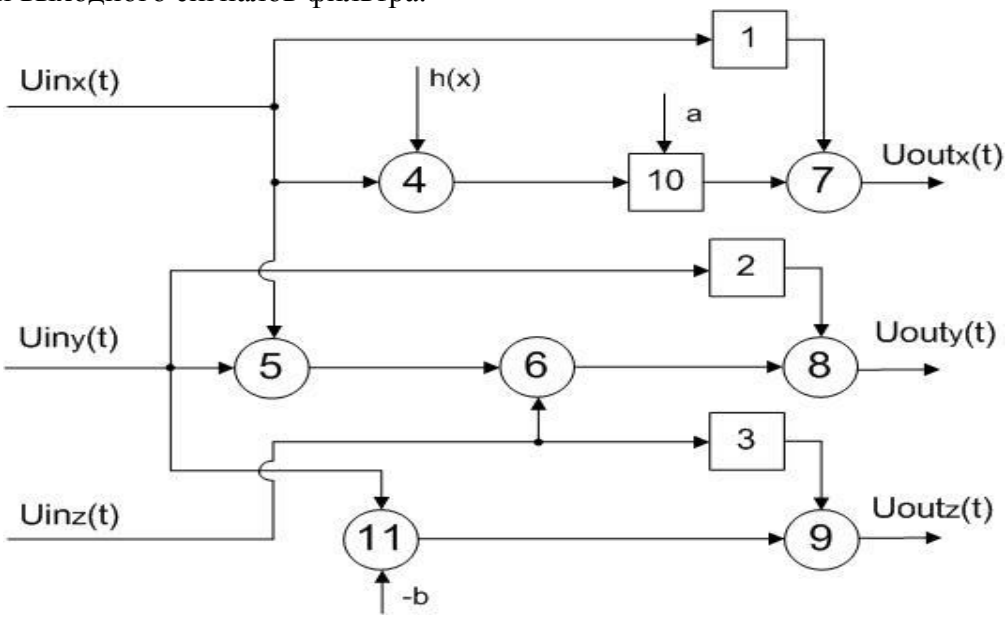


Рис. 1- Структурная схема фильтра селективного режектирования 3- D сигналов схемы Чуа

Действующие шумы, помехи, а также изменение частоты дискретизации цифровых режекторных фильтров и формирователей псевдослучайных сигналов на базе радиоэлектронных систем с динамическим хаосом [7,8], влияют на эффективность их применения в системах связи [9]. В работе проведена оценка коэффициента подавления (Кп) сигналов схемы Чуа с варьируемой дискретизацией, определяемой нормированным числом отсчетов N. Значения Кп, согласно предложенной в [4] методике, оценивались по отношению среднеквадратического отклонения (СКО) выходного сигнала к СКО входного сигнала режекторного фильтра.

Полученные в результате исследований зависимости коэффициентов Кп от N представлены на Рис.2 для компонент X, Y и Z сигнала схемы Чуа.

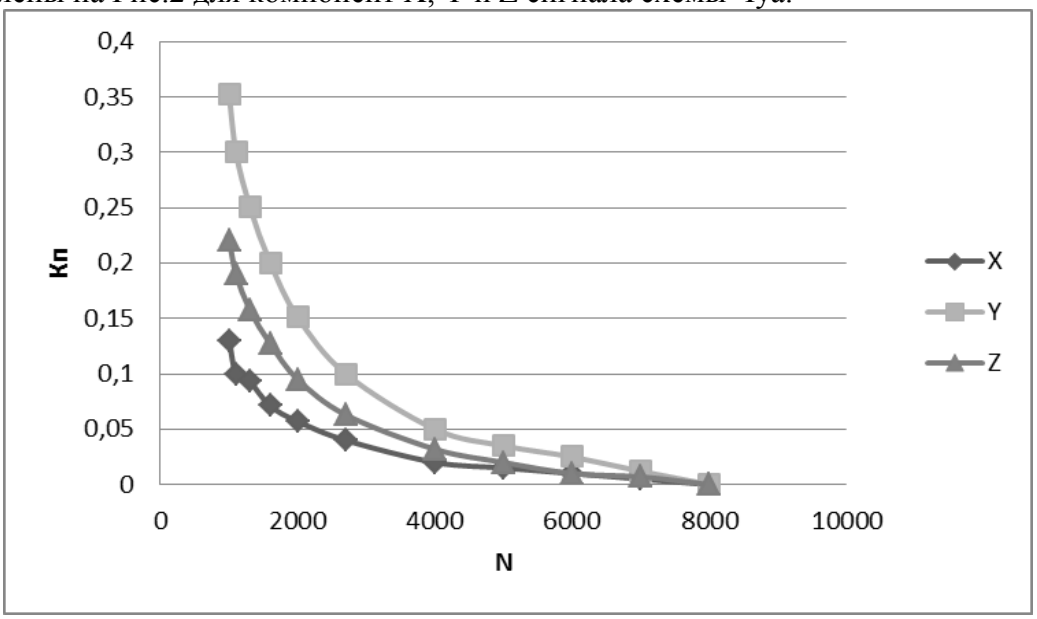


Рис. 2- Зависимости Кп от N для компонент X, Y и Z

Установлено, что рекомендуемый диапазон значений N составляет от 5000 до 6000 для

обеспечения Кп≤1,5·10^{-2} для X–компоненты, Кп≤3,5·10^{-2} для Y–компоненты и Кп≤2·10^{-2} для Z–компоненты, причем дальнейшее увеличение значения N до 7000 обеспечивает снижение Кп не более чем на 1% от Кп при N =5000.

Предлагаемый нелинейный режекторный фильтр вызывает неизбежные искажения полезных сигналов. Возможность применения селективного режектирования в системах передачи информации с хаотической маскировкой, определяется параметрами нелинейного преобразования информационных сигналов режекторным фильтром. В работе исследованы возможности оценки параметров сигнала с фазовой манипуляцией на выходе предлагаемого режекторного фильтра сигналов схемы Чуа. Установлено, что при селективном режектировании с Кп≤1,5·10^{-2} аддитивных маскирующих псевдослучайных сигналов схемы Чуа, использование амплитудных пороговых устройств при N≥5000 позволяет выделить информацию о манипуляции фазы информационных сигналов по выходным сигналам предлагаемого режекторного фильтра.

Выводы:

1. Применение фильтров селективного режектирования сигналов схемы Чуа, синтезируемых согласно принципа двухканальности теории инвариантности, целесообразно в системах передачи информации с маскирующими псевдослучайными сигналами дискретно-нелинейной системы Чуа с динамическим хаосом.
2. Предлагаемый режекторный фильтр 3–D сигналов схемы Чуа, при выборе нормированного числа отсчетов N от 5000 до 6000, позволяет обеспечить коэффициент подавления Кп≤1,5·10^{-2} для X–компоненты 3-D сигнала, Кп≤3,5·10^{-2} для Y–компоненты и Кп≤2·10^{-2} для Z–компоненты.
3. Применение селективного режектирования псевдослучайных сигналов схемы Чуа с Кп≤1,5·10^{-2} сохраняет информацию о манипуляции фазы информационных сигналов в системах передачи информации с хаотической маскировкой.

Список литературы

1. *Дмитриев А.С., Панас А.И.* Динамический хаос: новые носители информации для систем связи. - М.: Издательство Физико-математической литературы, 2002. - 252с.
2. *V.V. Afanas'ev, S.S. Loginov.* Pulse random processes in analysis and diagnostics of nonlinear systems with dynamic chaos. // Journal of Communications Technology and Electronics, 2013, vol. 4. - pp. 340-346. DOI: 10.7868/S0033849413040013. WOS: 000317984100009.
3. *Afanasiev V.V., S.S. Loginov, Yu.E. Polskii.* Statistical characteristics of binary pseudorandom signals generated on the basis of Lorentz and Chua systems. // Telecommunication and Radio Engineering. Vol. 72, 2013, Issue 4.20. P. 283-289. DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v72.i4.20.
4. *В.В. Афанасьев, Э.Р. Марданшин.* Селективное режектирование трехмерных сигналов, порождаемых дискретно-нелинейной системой Лоренца. // Нелинейный мир. 2017. Т. 15. № 6. - С. 49–53.
5. *В.В. Афанасьев, Э.Р. Марданшин.* Параметрические режекторные фильтры импульсных сигналов. // Нелинейный мир, 2015. N.8. - С.15–18.
6. *В.В. Афанасьев, Э.Р. Марданшин.* Нелинейные функционально-режекторные фильтры узкополосных помех. // Нелинейный мир. 2017.Т.15. № 1. - С. 3–7.
7. *V.V. Afanasiev, R.R. Nigmatullin, Y.E. Polsky.* Parameters of a noisy Lorenz system reconstructed using the method of proper coordinates. // Technical Physics Letters, 2004, vol. 30, no. 8. - pp. 675-676. DOI: 10.1134/1.1792310; WOS: 000223555400020.
8. *Афанасьев В.В., Логинов С.С., Польский Ю.Е.* Формирователи двоичных псевдослучайных сигналов на основе управляемых систем Лоренца и Чуа. // Телекоммуникации, 2012, Т. 12. - С. 26-30.
9. *Loginov, S.S.; Afanasiev, V.V.* Poly-Gaussian Models in describing the signals of Lorenz dynamic system. // Conference on Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, 2018, MTUCI, Moscow, RUSSIA. DOI: 10.1109/SOSG.2018.8350616; WOS:000443197800052.

05.13.00

[1]Ч.Г. Машиев канд. педагог. наук, [1]Д.М. Ноев, [1]В.В. Осипова, [1]Д.О. Колесов, [2]М.А. Зайков, [2]Э.К. Данилов

[1]Якутская ГСХА,
[2]Арктический государственный институт культуры и искусств

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЗАНЯТИЯХ

Объединения технической направленности в нашем образовательном учреждении являются стартовой площадкой для будущих инженеров, изобретателей, конструкторов, владеющих современной техникой. Техническое творчество студентов непосредственно связано моделированием и обработкой информации с применением информационных технологии.

Ключевые слова: *компьютерные технологии, моделирование процессов, умения и навыки, технологическое оборудование.*

Рассматривая профессиональную деятельность специалиста-профессионала глубоко разбирающегося в технической необходимо овладеть в совершенстве комплексом общетеоретических и специальных знаний, совокупностью необходимых умений и навыков, обладающего определенными способностями. В процессе обучения студент приобретает профессиональные навыки, воспитывается дух коллективизма, развивается внимательность, целеустремлённость, интерес к технике и техническое мышление. В процессе обучения также активно применяются информационные технологии. В современной «Педагогической энциклопедии» понятие «педагогическая техника» трактуется как комплекс знаний, умений и навыков, необходимых педагогу для того, чтобы эффективно применять на практике избираемые им методы педагогического воздействия [1,2,3]. Сигналы характеризуются длительностью ΔT_c, шириной спектра ΔF_c и динамическим диапазоном D_c. В качестве обобщенной характеристики используется объем сигнала $V_c=\Delta T_c \Delta F_c D_c$. Длительность сигнала определяет время его существования, ширина спектра — диапазон частот, в котором сосредоточена основная энергия сигнала [1,5]. К ортогональным относятся сигналы двоичной частотной модуляции (ЧМ), если частоты отрезков гармонических сигналов $s_1(t)$ и $s_2(t)$ кратны частоте модуляции. Биортогональные сигналы используются при двукратной фазовой модуляции, когда m=4. Неортогональные сигналы применяются при фазовой модуляции, когда сдвиги между отдельными сигналами составляют, например 0°, 120° и 240°. Это удобно для последующего анализа их прохождения через те или иные цепи [4]. Например, некоторый сигнал s(t) может быть представлен в виде совокупности ортогональных составляющих (элементарных сигналов):

$$s(t) = \sum_{к=0}^{\infty} a_к \psi_к(t),\ t \in [t_1, t_2], \qquad (1)$$

причем бесчисленным количеством способов [4].

Важной характеристикой сигналов является также база $\nu=T_c\Delta F_c$. Сигналы называются узкополосными (простыми), если $\nu \leq 1$, и широкополосными (сложными), если $\nu \gg 1$.

Конструируя то или иное техническое изделие, студенты знакомятся не только с его устройством, основными частями, но и их назначением. Получают сведения профессионального характера, учатся планировать и исполнять намеченный план, находить наиболее рациональное конструктивное решение, создавать свои оригинальные модели, обрабатывать информацию при помощи инфокоммуникационных технологии [4,5]. На рис.1 представлена схема ВБВ-24. На рис.2 представлена смонтированная схема

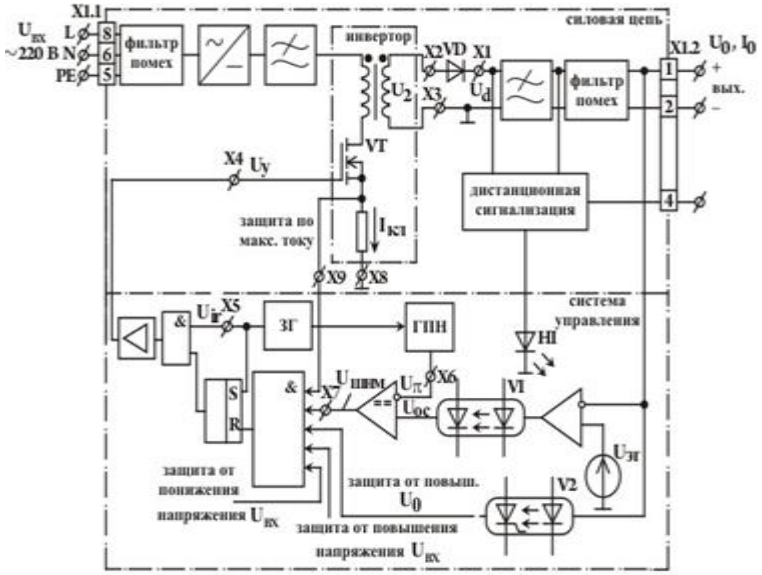


Рис. 1- Принципиальная схема ВББ-24

В настоящей работе были реализованы следующие задачи:

-изучено состояние выпрямительного устройства с безтрансформаторным входом;

-проведен монтаж и наладка спроектированной лабораторной установки;

- протестированы лабораторно-практические работы;

- определены диапазоны изменения характеристик выпрямителя с безтрансформаторным входом;

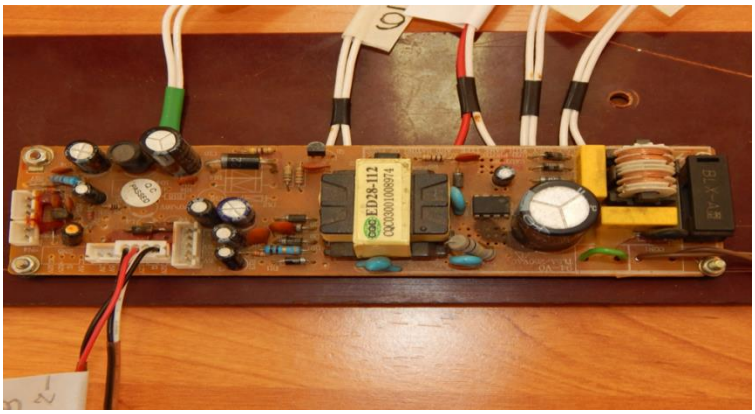


Рис.2- Схема электрического монтажа

В ходе работы на нашем стенде были получены данные осциллографа. На рис.3 приведена осцилограмма входного напряжения.

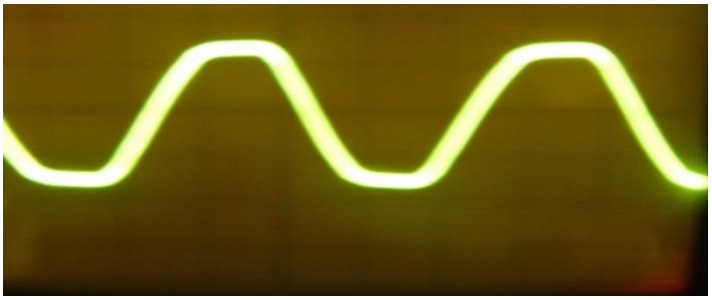


Рис. 3- Осцилограмма входного напряжения

На рис.4 приведена осциллограмма двухполупериодного выпрямления

Рис. 4- Двухполупериодное выпрямление

В данной работе было приведено назначение и использование ИКТ в профессиональной деятельности выпускника, которая позволяет плодотворно изучить, исследовать и применить навыки на практике. Обработать информацию при помощи ИКТ.

Список литературы

1. *Лямзин, Д.В.* Использование ИКТ в учебном процессе // Материал из Letopisi.Ru — «Время вернуться домой».
2. *Бабич, И.Н.* Новые образовательные технологии в век информации / Материалы XIV Международной конференции «Применение новых технологий в образовании». – Троицк: Фонд новых технологий в образовании «Байтик». – 2003. – С. 68-70.
3. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования / Под ред. Е.С. Полат.
4. *Кокиева, Г.Е.* Учебное методическое пособие по «Основы компьютерных технологии» для направления 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи (учебное методическое пособие). Москва.: Издательство «Перо», 2018. 120 с. ISBN 978-5-00122-436-5
5. *Кокиева, Г.Е.* Роль компьютерных технологии при расчёте производительности новой технологии. Научно-практический электронный журнал «Аллея науки» №6(21), 2018.

05.13.06

А.В. Мурыгин д-р техн. наук, В.С. Тынченко канд. техн. наук,
А.Н. Коваленко канд. техн. наук, В.Д. Лаптенок д-р техн. наук,
А.Н. Бочаров канд. техн. наук

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
институт информатики и телекоммуникаций,
кафедра информационно-управляющих систем,
Красноярск, vadimond@mail.ru

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ РЕНТГЕНОВСКОГО ДАТЧИКА СТЫКА ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКЕ

В работе проведен анализ помехоустойчивости измерительного устройства системы наведения на стык при электронно-лучевой сварке, которое использует для обнаружения стыка энергию электронного пучка и возникающее при этом рентгеновское излучение. В качестве направления решения проблемы предлагается исследовать помехоустойчивость отдельных звеньев системы. Так можно говорить о помехоустойчивости сигнала датчика стыка, способа приема сигнала датчика стыка. При этом можно оперировать относительной помехоустойчивостью, что позволит сравнить между собой различные варианты технических решений.

Ключевые слова: *электронно-лучевая сварка, рентгеновский датчик стыка, помехоустойчивость измерительного устройства.*

Введение

При взаимодействии электронного пучка с материалом свариваемого изделия электроны в результате торможения теряют свою энергию. Этот процесс сопровождается возникновением рентгеновского излучения на поверхности свариваемого изделия, если при этом не происходит плавления, или рентгеновским излучением из канала проплавления. Рентгеновские лучи распространяются точно по прямым линиям, их нельзя отклонить с помощью электромагнитных полей (как например электроны), ни преломлять с помощью паров (как например свет). Они проходят сквозь пары металла с небольшим ослаблением. Испытания рентгеновских датчиков различного типа показали, что у них более высокая помехозащищенность по сравнению с вторично-эмиссионными, что свидетельствует о перспективности их применения [1].

При отсутствии плавления возможность использования тормозного рентгеновского излечения для контроля положения стыка заключается в том, что при попадании пучка в стык, часть электронов проникает в зазор между деталями и тормозится в глубине свариваемого материала. Возникающее при этом рентгеновское излучение распространяется в пространстве неравномерно. В направлении, параллельном стыку деталей, рентгеновское излучение распространяется без ослабления. Во все других направлениях рентгеновское излучение выходит на поверхность свариваемого изделия ослабленным на величину, пропорциональную глубине зазора. Рентгеновский датчик стыка будет фиксировать максимум излучения, если пучок находится на поверхности детали, и минимум излучения, если ось пучка находится точно на стыке. В настоящее время системы слежения с рентгеновским датчиком стыка применяются достаточно широко [1,2]. Следует отметить, что грубые ошибки в системе наведения возникают тогда, когда за сигнал от стыка принимается помеха. Обычно такая ситуация возникает, когда помеха превышает некоторый пороговый уровень, устанавливаемый для обнаружения сигнала. Такое событие мы называем ошибкой. Так как ошибка есть случайное событие, то помехоустойчивость может быть охарактеризована вероятностью ошибки, а в качестве количественной оценки принята ее убывающая функция [3]:

$$S = \lg \frac{1}{P_{ош}}, \quad (1)$$

где $P_{ош}$ – вероятность ошибки.

Определенная таким образом оценка помехоустойчивости выражается положительным числом, обычно целым и в пределах десяти.

Произведем оценку помехоустойчивости сигнала датчика стыка.

Предлагаемый подход

Для получения сигнала от стыка электронный пучок с помощью отклоняющей системы пересекает стык. Возникающие при этом рентгеновское излучение измеряется датчиком РД и фиксируется в каждой точке траектории движения пучка. На рис. 1 изображена типичная реализация сигнала датчика стыка. Для выделения положения стыка, сигнал датчика подвергается обработке. Из него вычитается постоянная составляющая, соответствующая измеренному значению интенсивности РИ с поверхности деталей, измерение которой производиться в процессе установки в начальную точку зондирования. Затем, сигнал инвертируется и нормируется по амплитуде.

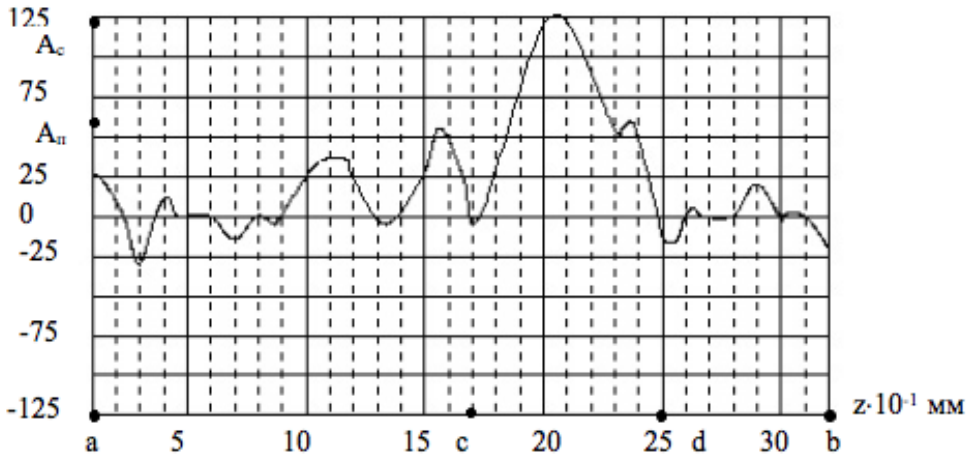


Рис. 1 – Реализация сигнала датчика стыка: A_c – нормированное значение амплитуды; $A_п$ – пороговый уровень

Нормирование заключается в установке такого коэффициента усиления, при котором амплитуда Ac сигнала датчика стыка после компенсации постоянной составляющей лежит в пределах 100 ÷ 120 ед., получаемых аналого-цифровым преобразователем сигнала датчика. На рис. 2 изображена фотография, сделанная с экрана осциллографа.

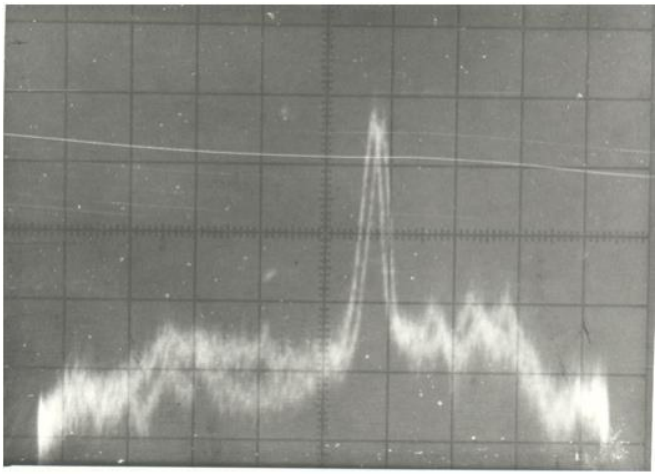


Рис. 2 – Форма сигнала рентгеновского датчика стыка

При этом развертка была совмещена с разверткой электронного пучка на поверхности деталей, а на измерительный вход подавался сигнал с рентгеновского датчика стыка. Снимок показывает характер сигнала рентгеновского датчика. Хорошо просматриваемый импульс в центре указывает на наличие стыка в этом месте развертки. На остальных участках развертки пучка присутствует только помеха. Наличие помех свидетельствует о необходимости установления порогового уровня для обнаружения сигнала от стыка. Поэтому для обнаружения координаты стыка устанавливается пороговый уровень $A_п$:

$$A_п = \frac{1}{2} A_с, \tag{2}$$

где $A_с$ – нормированное значение амплитуды сигнала датчика стыка.

Предположим, что флюктуации амплитуды помехи подчинены нормальному закону распределения Гаусса:

$$\varphi(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_ш} \exp\left(\frac{\xi^2}{\sigma_ш^2}\right), \tag{3}$$

где $\sigma_ш$ – средний квадрат мощности шума, ξ - амплитуда помехи.

Ошибка в обнаружении сигнала происходит тогда, когда амплитуда помехи превосходит пороговый уровень. Вероятность ошибки в этом случае можно определить как:

$$P_{ош} = P\left(\xi > \frac{1}{2} A_с\right) = \frac{1}{2}\left[1 - \operatorname{erf}(z)\right], \tag{4}$$

где $\operatorname{erf}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{-t^2} dt$ - функция ошибок, имеет аргумент $Z = \frac{1}{2\sqrt{2}} \frac{A_с}{\sigma_ш}$

Для вычисления erf(z) при малых вероятностях ошибки можно применить асимптотическое разложение [4]:

$$1 - \operatorname{erf}(z) = \frac{\exp\left(-z^2\right)}{\sqrt{\pi} \cdot z} \cdot \left(1 - \frac{1}{2 \cdot z^2} + \frac{1 \cdot 3}{2^2 \cdot z^4} - \ldots\right) \tag{5}$$

Ограничиваясь первым членом разложения, получим:

$$P_{ош} = \frac{\exp\left(-\frac{1}{8} \cdot \frac{A_с^2}{\sigma_ш^2}\right)}{\frac{A_с}{\sigma_ш}} \sqrt{\frac{2}{\pi}} \tag{6}$$

Подставляя (5) в (1), получим выражение для помехоустойчивости сигнала от стыка:

$$S = 0{,}1 + 0{,}054 \cdot \frac{A_с^2}{\sigma_ш^2} + \lg\left(\frac{A_с}{\sigma_ш}\right) \tag{7}$$

Помехоустойчивость порядка 2 единиц может считаться относительно высокой, т. к. соответствует вероятности ошибки Рош = 0,01. При рассматриваемых условиях такая помехоустойчивость обеспечивается при $\frac{A_с}{\sigma_ш}$ = 5. Выражение (6) также можно записать в виде:

$$S = 0{,}1 + 0{,}054\rho + \frac{1}{2}\lg\rho$$

где $\rho = \frac{A_с^2}{\sigma_ш^2}$ - превышение сигнала над помехой.

Для расчета помехоустойчивости сигнала датчика стыка на траектории зондирования стыка пучком электронов определим интервал наиболее вероятного нахождения координаты стыка. На рис. 1 этот участок находится между точками c и d. Для обнаружения этого участка в каждой точке траектории зондирования стыка измеряют амплитуду сигнала датчика стыка. Участок считается обнаруженным, если амплитуда сигнала превышает пороговый уровень $A_п$. Центр интервала вычисляется как 50% квантиль координат положения пучка, в которых амплитуда сигнала превышает пороговый уровень $A_п$. Ширина интервала cd, равная $2z_{гр}$, может быть принята равной энтропийному значению ширины распределения сигнала от стыка и рассчитана по формуле (5):

$$2z_{гр} = \Delta z \cdot n \cdot 10^{-\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{m} n_i \lg n_i}$$

где n_i – значение отсчетов сигнала от стыка в точке z_i; n – объем выборки; Δz – ширина интервала между соседними отсчетами.

Более точно ширину интервала cd можно определить, зная энтропийный диаметр электронного пучка $d_{эп}$. Эти данные можно получить от датчика геометрии электронного пучка (5). В этом случае $2z_{гр} = d_{эп}$.

По отсчетам датчика стыка на участках ac и ab вычисляем математическое ожидание величины амплитуды помехи:

$$M_\xi = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{m} n_i \qquad (8)$$

Среднее квадратическое отклонение (СКО) величины амплитуды помехи:

$$\sigma_п = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{m}\left(n_i - M_\xi\right)^2 \qquad (9)$$

Рассеяние оценки СКО помехи зависит от объема выборки n и эксцесса распределения $\varepsilon_п$ помехи и может быть учтено выражением [6]:

$$\sigma_{0,9п} = \sigma_п\left[1 + 0{,}8\sqrt{\frac{\varepsilon_п - 1}{n}}\right]$$

В соответствии с этим, для нормально распределенной помехи имеем $\varepsilon_п$=3. С учетом поправки на объем выборки получим:

$$\sigma_{0,9п} = \sigma_п\left[1 + 0{,}8\sqrt{\frac{2}{n}}\right] \qquad (10)$$

Наличие ненулевого математического ожидания помехи $M\xi$ свидетельствует о недостаточной компенсации постоянной составляющей сигнала, пропорциональной величине РИ с поверхности деталей.

Это обстоятельство надо учитывать при определении превышения сигнала над помехой:

$$\rho = \left(\frac{A_c - M_\xi}{\sigma_{0,9п}}\right)^2$$

Вычисленное значение ρ используют для расчета помехоустойчивости S. Если $S < 2$, то обнаруженный сигнал от стыка считается недостоверным.

Выводы

Анализ показывает, что основной проблемой, возникающей при работе системы наведения на стык, является наличие сбоев, которые приводят к грубым ошибкам в совмещении пучка со стыком и возникновению дефекта типа "непровар".

Экспериментальные исследования и анализ помехоустойчивости сигналов датчика стыка показали, что без специальной обработки информации и без особых требований к геометрии электронного пучка обеспечить требуемую точность определения координаты стыка измерительным устройством с периодическим контурным зондированием стыка невозможно.

Исследование выполнено при поддержке краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» в рамках реализации проекта «Разработка автоматизированного комплекса электронно-лучевой аппаратуры для сварки тонкостенных узлов и деталей космических аппаратов».

Список литературы

1. *Мурыгин А.В., Лаптенок В.Д., Серегин Ю.Н., Браверман В.Я.* Управление электронно-лучевой сваркой // Красноярск: САА, 2000. - 142 с.
2. A*.V. Murygin, V.D. Laptenok, D.V. Tichonenko* X-ray sensor for guiding the electron beam on the joint in electron-beam welding // Welding Int., №20, 2006. - С. 894-900.
3. *Харкевич А.А*. Теория информации. Т. 3. Опознавание образов // М.: Наука, 1973. - 524 с.
4. *Двайт Г.Б.* Таблицы интегралов и другие математические формулы // М.: Наука, 1983. – 176 с.
5. *Бочаров А.Н., Лаптенок В.Д., Мурыгин А.В., Серегин Ю.Н.* Контроль плотности распределения энергии электронного пучка при ЭЛС // Красноярск: СибГАУ, 2013. – 92 с.
6. *Новицкий П.В., Зограф И.А.* Оценка погрешностей результатов измерений // Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.

05.13.10

Т.П. Новикова канд. техн. наук, В.К. Зольников д-р техн. наук

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
механический факультет,
кафедра вычислительной техники и информационных систем,
Воронеж, novikova_tp.vglta@mail.ru

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ И ОЦЕНКА СРЕДСТВ ЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В работе рассмотрены проблемы, возникающие в момент оценки средств обеспечения испытаний электронной компонентной базы, и возможности оптимизации посредством управления процессом. Представлены этапы проведения испытаний, виды воздействий и необходимое оборудование для обеспечения процесса. Установлены факторы, влияющие на процесс испытаний, даны предложения по управлению и оптимизации процесса.

Ключевые слова: *электронная компонентная база, управление, испытания, внешние воздействующие факторы, оборудование.*

Надежность и стойкость современной электронной компонентной базы (ЭКБ) – это основа успешного и эффективного функционирования объектов: в социально значимых областях (транспорт, медицина и т.д.); в научном сегменте (освоение космоса, высокоточные приборы и т.д.); в военной отрасли (системы наведения, радиолокационные системы, системы управления техническими объектами и т.д.). Поэтому процессы проектирования ЭКБ и проведения испытаний заслуживают особого внимания. Изучению данных процессов посвящен ряд работ авторов: А.Ю. Никифорова, В.А. Телец, В.П. Крюкова, В.В. Лавлинского, В.С. Анашина, В.Н. Улимова и других. Однако вопросы, рассматриваемые учеными, касаются непосредственно технической реализации процессов разработки и испытаний ЭКБ: методов разработки, методик испытаний, методов обеспечения стойкости, методов защиты, моделирования воздействий и т.д. [1-5]. Все еще открытым остается вопрос эффективного управления, в рамках которого возможно проведение оценки и выявление возможностей оптимизации стоимости процессов разработки ЭКБ и проведения испытаний, который особенно актуален в условиях импортозамещения и диверсификации производства [6].

Касаемо оптимизации стоимости проектирования электронных компонентов были получены математические модели и алгоритмы, обеспечивающие поддержку принятия решений при разработке ЭКБ в ряде случаев [7,8]: таких, как выбор варианта разработки электронных компонентов с возможностью использования сложно-функциональных блоков, выбор варианта разработки ЭКБ штатными сотрудниками дизайн-центра или сторонними сотрудниками. Реализация данных моделей в виде программного обеспечения дало возможность лицу, принимающему решения (ЛПР), использовать в своей деятельности информацию о вариантах временной и стоимостной реализации проектов и возможности их сокращения. Сложным моментом здесь является учет издержек в виде амортизационных отчислений, сырья, материалов и т.д., размер, которых может зависеть, как от технологии изготовления [7] – КМОП, КНИ, БиКМОП, так и других факторов, что в свою очередь требует дополнительного изучения и новых исследований.

Если рассматривать процесс проведения испытаний ЭКБ, то происходит он на территории дизайн-центра (ДЦ), где находится испытательный центр (ИЦ), оснащенный современным оборудованием, обеспечивающим проведение испытаний ко всем внешним воздействующим факторам (ВВФ).

Как правило, испытания ЭКБ включают следующие этапы:

- подготовительный этап (готовится оснастка, методика испытаний и персонал);
- непосредственно проведение испытаний в соответствии с программой испытаний, отчет о проведении испытаний;
- метрологическое и нормативно-техническое обеспечение применяемых методов (методик) проведения испытаний, испытательного оборудования и средств измерений [9];
- анализ результатов проведенных испытаний;
- рекомендации.

Этапы испытаний и их содержание могут изменяться в зависимости от сферы применения испытываемой ЭКБ и ее категории (ВП, ОСД, ОСМ и т.д. [9]), так для ЭКБ иностранного производства (ИП), планируемой к применению в ракетно-космической технике модель ВВФ подписывает генеральный конструктор изделия [10].

Виды ВВФ и необходимое оборудование для проведения испытаний приведены на рисунке 1. Как мы можем видеть, только стандартных ВВФ (без учета дополнительных специальных испытаний и воздействий, проводимых для ЭКБ специального назначения) более двух десятков, практически столько же наименований оборудования. Выстроить оптимальную последовательность проведения испытаний (без простоев и накладок) с учетом занятости сотрудников ИЦ исходя из большой номенклатуры испытаний и количества оборудования – задача сложная, но необходимая, требующая комплексного подхода, учитывающего ряд факторов:

– оснащенность ИЦ сертифицированным оборудованием;
– занятость специалистов, участвующих в испытаниях;
– пропускную способность испытательного центра;
– категорию качества электронной компонентной базы;
– техническое задание на проведение испытаний;
– сроки проведения испытаний;
– тип испытуемых изделий (например, микросхема, резистор и др.);
– цель и задачи испытаний ЭКБ;
– другое.

Рис. 1- Виды внешних воздействий и оборудование

Таким образом, необходимо разработать математический аппарат, учитывающий все перечисленные факторы и алгоритм решения, которые в совокупности с системой поддержки принятия решений в части проектирования ЭКБ [7] лягут в основу информационной системы управления и оценки проектов и средств их обеспечения для разработки и испытаний ЭКБ. Данная система управления будет способна оптимизировать процессы проектирования и испытания ЭКБ, за счет эффективно использования оборудования и ресурсов.

Список литературы

1. *Никифоров А.Ю.* Требование радиационной стойкости - экзотика для гурманов или гарантия наличия и технического уровня результата разработки для всех категорий потребителей ЭКБ? / А.Ю. Никифоров, В.А. Телец, Д.В. Бойченко // Наноиндустрия. 2018. № 9 (82). С. 39-41.

2. *Анашин В.С.* Методы контроля стойкости специализированных СБИС к естественным ионизирующим излучениям космического пространства / В.С. Анашин, И.О. Ишутин, В.Н. Улимов, В.В. Емельянов // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС). 2010. № 1. С. 233-236.

3. *Лавлинский В.В.* Теоретические основы моделирования проектируемых объектов электронной компонентной базы для синтеза виртуальной реальности в виде воздействий тяжёлыми заряженными частицами / В.В. Лавлинский // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. 2014. № 4. С. 24-32.

4. *Анашин В.С.* Развитие испытательных средств, нормативного и программного обеспечения Роскосмоса для контроля стойкости ЭКБ к ИИ КП в области одиночных эффектов / В.С. Анашин, И.Ф. Галяутдинов, Г.А. Протопопов // Радиационная стойкость электронных систем "Стойкость-2011" Научно-технический сборник: материалы докладов Российской научной конференции. Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ". 2011. С. 9-10.

5. *Лавлинский В.В.* Проектирование МОП-транзисторов на основе построения 3D моделей синтеза виртуальной реальности / В.В. Лавлинский, А.Х. Жвад, А.Л. Савченко // Фундаментальные исследования. 2016. № 1-1. С. 38-42.

6. *Новикова Т.П.* Разработка алгоритма решения задач управления последовательностью испытаний электронной компонентной базы / Т.П. Новикова // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 8. С. 85-87.

7. *Новикова Т.П.* Система управления проектами дизайн-центра микроэлектроники / Т.П. Новикова. Воронеж, 2014. 135 с.

8. *Беляева Т.П.* Планирование реализации специальных проектов / Т.П. Беляева, К.В. Зольников, В.А. Смерек, М.В. Конарев // Радиационная стойкость электронных систем "Стойкость-2011" Научно-технический сборник: материалы докладов Российской научной конференции. Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ". 2011. С. 239-241.

9. ГОСТ Р 56648-2015. База электронная компонентная для ракетно-космической техники. Входной контроль и дополнительные испытания. Общие положения [Эл. ресурс]. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200125987.

10. ГОСТ Р 56649-2015. Техника ракетно-космическая. Электронная компонентная база иностранного производства. Порядок применения [Эл. ресурс]. Режим доступа: http://www.internet-law.ru/gosts/gost/62302/.

05.13.00

[1]М.С. Саввинова д-р ветеринар. наук, [1]В.В. Сысолятина, [1]С.Г-Д. Ханхалдаева, [2]В.П. Друзьянова д-р техн. наук

[1]Якутская ГСХА,
[2]Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НАВОЗА В ОБОРУДОВАНИИ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

Республика Саха (Якутия) располагает огромными земельными ресурсами, но площади, пригодные для сельскохозяйственного освоения, весьма ограничены. В последние годы резко сократилось применение минеральных и органических удобрений, почти не ведутся мелиоративные работы. Из-за перегрузки сельскохозяйственных угодий населением и домашним скотом происходит интенсивное уменьшение их плодородия.

Ключевые слова: *адаптация, микроорганизмы, перемешивание, гомогенизация.*

В последние годы значительно возросла заинтересованность к процессам производства биогаза– это проявляется не только в возрастающем количестве

планирующихся и строящихся биогазовых установок, но и в заинтересованности все большего числа фермеров, коммунальных хозяйств, предприятий, политиков и частных хозяйств, которые внимательно наблюдают за развитием этого сектора.

Энергетическая отрасль уже также не относится с такой осторожностью к децентрализации производства благодаря строительству биогазовых установок. Для пищевой промышленности, гастрономии, больших ресторанов, учреждений общественного питания и предприятий по переработке пищевых отходов технология производства биогаза предоставляет шанс дешевой утилизации органических отходов и остатков продуктов питания в биогазовых установках с пользой для сельского хозяйства. Эта технология завоевывает также все больше сторонников среди людей, лично убедившихся в ее пользе для окружающей среды.

В Центральной Якутии, где сосредоточено около 90 % всего поголовья крупного рогатого скота отсутствуют технологии по переработке производимого навоза. В силу этого навоз затрудняет нормальное и безопасное функционирование животноводческих ферм, находящихся непосредственно в населённых пунктах. Отсутствие технологий по переработке навоза приводит к многолетним накоплениям навоза около ферм, расположенных рядом с естественными водоемами, что влечет за собой их сильное загрязнение. Так, из-за попадания в озера биогенных элементов содержание нитратов, нитритов, аммония и фосфатов превышает допустимые нормы. В некоторых озерах Заречной группы районов Республики Саха (Якутия) отмечено превышение ПДК нитратов в 110-120 раз, фосфатов - в 70-80 раз, В сельской местности население потребляет воду из этих водоемов без какой-либо очистки. Все это не оставляет сомнений в том, что навоз выступает опасным фактором передачи возбудителей инфекционных и инвазионных болезней человеку и животным, источником заражения пастбищ и водоёмов. Предлагается цех по переработке навоза путем микробного синтеза.

Цех производства кормового белково – витаминного концентрата (БВК) состоит из трёх отделений: 1этап-подготовка закваски путём адаптации мезофильных метаногенных микроорганизмов; 2 этап- приготовление свежего навоза путем перемешивания навоза с теплой водой, процесс гомогенизации. 3 этап-загрузка закваски в метантенк;4 этап-анаэробный процесс; 5 этап-получение самого биогаза;

На рис.1 представлен метантенк для получения биогаза анаэробным способом.

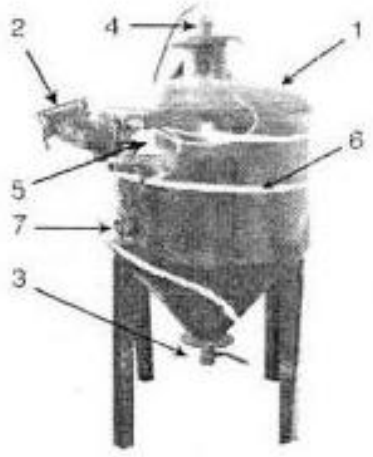


Рис. 1- Метантенк

1-цилиндрическая стальная емкость; 2-патрубок для выгрузки свежего навоза; 3-патрубок для выгрузки переработанного навоза; 4-патрубок для отвода биогаза; 5-терморегулятор с датчиком; 6-электронагревательная лента; 7-мешалка механическая;

Применяемые в данное время анаэробные технологии переработки навоза КРС требуют обязательной адаптации для рентабельного внедрения в Якутии ввиду наличия ряда существенных технических и технологических недостатков. Одним из основных факторов оптимального течения микробиологических процессов в метантенках является время пребывания микроорганизмов в среде (время удерживания). Для эффективного разложения сложных органических веществ до CH4 и CO2 необходимо: иметь достаточное количество микроорганизмов в субстрате; обеспечить им требуемое время пребывания в среде для достижения метаболизма субстрата; исключить вымывание бактерий.

Следовательно, эти факторы должны быть решающими при выборе режима работы БЭУ. Деградация органических веществ при метаногенезе осуществляется как многоступенчатый процесс, в котором необходимо участие по меньшей мере четырех групп микроорганизмов: гидролитиков, бродильщиков, ацетогенов и метаногенов. Ключевую роль в анаэробной деградации органических веществ до метана играют метановые археи родов Methanosarcina, Methanosaeta (Methanothrix), Methanomicrobium и др.

Для нормального функционирования анаэробной биоэнергетической установки в мезофильном и термофильном режимах необходимо строгое поддерживание температуры. Колебание температуры в этих режимах сразу отражается на показателях процесса. Авторы работы [33] подчеркивают, что чем выше температура сбраживания, тем уже пределы сё колебаний. Допустимое колебание при температуре 38 С составляет ±2,8 С, а при 53-55 С оно равно ±0,3 С. Поэтому, в условиях Якутии применение этих режимов однозначно приведет к избыточным затратам электроэнергии, требуемых для поддержания оптимальных температур сбраживания в реакторах биоэнергетической установки.

Влажность загружаемого навоза приняли в 90 %. При этой влажности навоз имеет хорошую текучесть, уменьшаются затраты на его хранение, обработку и транспортирование, экономится чистая вода, а также относительно смягчается потенциальная возможность загрязнения окружающей среды.

Таким образом утилизации бесподстилочного навоза крупно-рогатого способствует созданию дополнительного источника топлива в виде биогаза.

Список литературы

1. *Друзьянова, В.П.* Выбор изоляционного материала для биогазовой установки по переработке навоза КРС/В.П. Друзьянова, О.А. Оконешников// Научное обеспечение реализации национального проекта в сельском хозяйстве: материалы науч.-практ.конф.преподават, сотрудников и аспирантов.-Улан-Удэ,2010.-С.58-60.

2. *Друзьянова, В.П.* К переработке и утилизации органических отходов сельского хозяйства/ В.П. Друзьянова, Д.С. Осипов, Я.С. Семенов// Химия по знаком Сигма : исследования, инновации, технологии: материалы Всерос.научн.молодеж. шк.-конф.-Омск,2010.-С.230-231.

3. *Друзьянова, В.П.* Биогазовая установка для переработки отходов частных животноводческих хозяйств применительно к условиям Республики Саха (Якутия) / В.П. Друзьянова, Е.Н. Кобякова // Наука и образование в XXI веке : сб.науч. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., 31 окт. 2014 г.: в 17 ч. Тамбов, 2014 – Ч. 17 - С. 57-61.

4. *Кокиева, Г.Е.* Исследование аппарата для культивирования микроорганизмов / Г. Е. Кокиева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 4. – С. 123-125.

5. *Кокиева Г.Е.* Кормовые дрожжи как биологически активная добавка в кормлении сельскохозяйственных животных // Матер. регион. науч.- практ. конф. «Пищевые технологии, качество и безопасность продуктов». – Иркутск: Изд-во ИТУ, 2006.

05.13.00

[1]А.М. Семенов канд. техн. наук, [1]Л.Ф. Тагирова канд. педагог. наук,
[2]В.К. Тагиров канд. педагог. наук

[1]Оренбургский государственный университет,
факультет математики и информационных технологий,
кафедра ПОВТАС,
Оренбургский филиал Поволжского государственный университета
телекоммуникаций и информатики,
кафедра инновационных технологий телекоммуникаций

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ВЫБОРА ПРЕТЕНДЕНТА НА ВАКАНТНУЮ ДОЛЖНОСТЬ

В статье обосновывается актуальность разработки интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) в слабоформализованной предметной области, характеризующейся неполнотой, неоднозначностью и противоречивостью исходных данных. В целях повышения эффективности принятия решений разработано информационное и программное обеспечение ИСППР в задачах подбора персонала сферы информационных технологий на основе оценки профессионально-значимых и личностных качеств претендентов на должность в IT-отдел с применением моделей и методов искусственного интеллекта.

Ключевые слова: *рекрутинг, автоматизация подбора персонала, интеллектуальная система поддержки принятия решений, экспертная система, экспертные оценки.*

Распоряжением Правительства Российской Федерации утверждена программа "Цифровая экономика Российской Федерации". Цели и задачи, которой определяют создание необходимых условий для развития цифровой экономики Российской Федерации, в которой данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства во всех сферах социально- экономической деятельности [1]. Основными сквозными цифровыми технологиями, которые входят в рамки настоящей программы, являются: большие данные, нейротехнологии и искусственный интеллект.

Для реализации данной программы на рынке труда все более востребованы специалисты в сфере IT-технологий [2]. Возникший спрос повлек за собой рост предложений со стороны будущих сотрудников IT-сферы, все больше кандидатов обращаются в кадровые агентства и IT-отделы организаций. В сложившейся ситуации работодателям для принятия обоснованных решений по выбору претендента на вакантную должность и для снижения рисков, необходимо периодически обрабатывать большие объемы данных (анкеты, опросы), что в свою очередь увеличивает временные затраты и снижает качество принимаемых решений [3,4].

С целью решения возникающих проблем в сфере IT-технологий в качестве информационной базы исследований выбраны информационные потоки и данные Филиала Федерального казенного учреждения “Налог-Сервис” Федеральной налоговой службы (г. Москва) в Оренбургской области, которое занимается обработкой информации, поступающей от налоговых органов. Прием на работу кандидатов на должность возложен на отдел подбора персонала. На сегодняшний день работа специалиста отдела по подбору персонала не автоматизирована, что обусловливает сложность и неоднозначность решения руководителя IT-отдела о принятии того или иного кандидата на работу на основе данных о претенденте.

Обзор современных исследований в области разработок структур, применяемых моделей, информационного и программного обеспечения интеллектуальных систем поддержки принятия решений, выявил недостаточную проработанность подходов к автоматизации информационных процессов и методики принятия решений в рекрутинге, а также

ограниченность применяемых моделей и методов решения неформализованных задач [5-8]. В связи с этим, автоматизация процесса принятия решений о соответствии уровня подготовки кандидатов требованиям определенной должности IT-отдела, является актуальной задачей. На рынке программного обеспечения представлено множество пакетов прикладных программ, которые в той или иной мере ориентированы на принятие решений и активно применяется в финансовых, экономических и других сферах деятельности человека. К ним относятся: система поддержки принятия решений "Выбор", Император 3.1, IRIS, СППР «Эксперт», Бизнес-прогноз и др. Многие из анализируемых пакетов имеют следующие недостатки: принятие решений базируется на традиционных вычислительных моделях; при подборе кандидатов учитываются только профессиональные качества; используемые методики оценки соответствия качеств кандидатов требованиям должностей реализованы в несоответствии с современными профессиональными IT-стандартами.

Устранение выявленных проблем и недостатков предметной области обусловило цель данного исследования: повышение эффективности принятия решений и достоверности оценки кандидатов на вакантные должности за счет автоматизации информационных процессов посредством разработки ИСППР на основе моделей и методов искусственного интеллекта. Для разработки модулей ИСППР выбрана архитектура, которая базируются на принципах и методах работы со знаниями [9].

Задача исследования: разработка информационного и программного обеспечения интеллектуальной системы поддержки принятия решений в задачах подбора персонала сферы информационных технологий на основе оценки профессионально-значимых и личностных качеств претендентов на должности в IT-отдел. Вакантными должностями в IT-отдел являются: руководитель IT-проектов, программист, администратор баз данных, системный администратор, инженер технической поддержки.

Научную новизну определяет то, что авторами разработаны функциональные модели информационных процессов. Впервые, по отношению к существующим аналогам, предложена и программно реализована посредством веб-приложения методика, обеспечивающая принятие решений о соответствии кандидатов вакантной должности и выбор лучшего на определенную должность, посредством двух модулей в архитектуре ИСППР: модуля экспертной системы (ЭС) и модуля, в котором реализован метод анализа иерархий (МАИ).

На основе исследований предметной области и информационных процессов разработаны функциональные модели по методологии IDEF. На рисунке 1 приведена функциональная модель ИСППР по методологии IDEF0.

Рис. 1. Модель IDEF0 ИСППР

Разработанная ИСППР представляет собой совокупность методических и программных средств, обеспечивающих следующие функции: ведение справочников; ведение баз данных кандидатов и оценочных материалов; оценка сформированности когнитивного, деятельностного, мотивационно-ценностного и личностного компонентов; принятие решений о соответствии кандидатов вакантной должности и выбор лучшего на определенную должность; формирование и вывод отчетов по результатам работы ИСППР (отчеты о результатах прохождения контрольно-измерительных материалов, списки соответствий кандидатов должностям, список лучших кандидатов и т.д.).

В целях реализации указанных выше функций разработано веб-приложение. Необходимость этого обусловлена тем, что оценка когнитивного компонента предполагает удаленное тестирование претендентов на должность, что при использовании Windows–приложений было бы невозможно. Для реализации базы данных была выбрана СУБД MS SQL Server, в качестве среды разработки приложения инструментальная среда Microsoft Visual Studio, язык программирования C#. В качестве технологии выбрана технология ASP.NET, которая является единой моделью для разработки веб-приложений. На рисунке 2 представлен пример реализации интерфейса ИСППР.

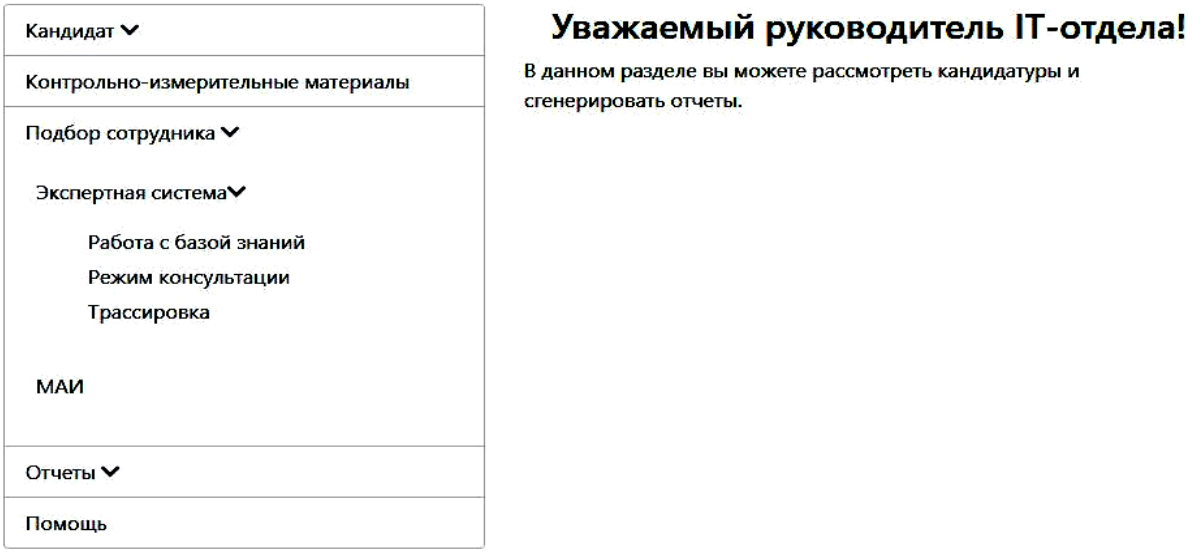


Рис. 2. Интерфейс ИСППР “Подбор сотрудников”

Кандидаты проходят оценку своих профессионально-значимых и личностных качеств с помощью контрольно-измерительных материалов (анкеты, тестирование, опрос, наблюдение). Затем результаты всех кандидатов заносятся в базу данных, где могут быть доступны руководителю IT-отела.

В качестве модели представления знаний в модуле ЭС выбрана продукционная модель, а для получения заключений реализован прямой логический вывод. Разработан прототип базы знаний. В качестве примера приведем одно правило:

ЕСЛИ ЗнIT==В **И** Проф.ум.IT==В **И** Проф.ITн==В **И** МЦО==В **И** ССиР==В **И** УРК==В **И** Стр==С **И** К==НС **И** О==В **И** Кр**==ВС ТО “Вы администратор баз данных”**

Принятые сокращения: Знания в области информационных технологий-ЗнIT; профессиональные умения в IT-сфере – ПрофIT; Профессиональные IT-навыки – ПрофITн; Мотивационно-ценностная ориентация к реализации в IT-сфере - МЦО; Стремление к самообучению и развитию – ССиР; Умение работать в команде – УРК; Стрессоустойчивость – Стр; Коммуникабельность – К; Ответственность – О; Креативность – Кр.

Результаты работы модуля ЭС в режиме консультации, приведены на рисунке 3.

Список соответствия кандидатов требованиям должности "Администратор баз данных"

ФИО	Образование	Пол	Дата рождения	Стаж работы
Черепанова Полина Владиславовна	Магистратура	жен	15 сентября 1984	15
Рожков Олег Иванович	Бакалавриат	муж	3 февраля 1989	12
Петров Сергей Александрович	Среднее (проф)	муж	15 января 1980	4

Рис. 3. Выбор лучших кандидатов на должность “Администратор баз данных

Для проверки корректности работы экспертной системы предусмотрен пункт меню “Трассировка”, в котором реализована возможность просмотра и оценки правильности полученного решения экспертной системой.

Для выбора лучшего кандидата, наиболее соответствующего требованиям вакантной должности в IT-отделе, в ИСППР реализован модуль метода анализа иерархий [10,11]. При подборе кандидата на вакантную должность в IT-отдел учитывается не только его профессиональные качества, но и личностные. К профессиональным качествам относятся: знания в области информационных технологий, профессиональные умения в IT-сфере, профессиональные IT-навыки, ценностное отношения к профессии. В качестве личностных качеств были выбраны: коммуникабельность, умение работать в команде, стрессоустойчивость, стремление к самообучению и развитию, креативность, ответственность.

Алгоритм метода анализа иерархий представлен в обобщенной форме: построение иерархической структуры задачи многомерного выбора; выполнение парных экспертных сравнений элементов каждого уровня иерархий; определение вектора приоритетов для каждого уровня иерархии; определение максимальных собственных значений и степени согласованности матриц парных сравнений; определение индексов согласованности и отношений согласованности для матриц суждений; синтез приоритетов уровней. На рисунке 4 представлены результаты работы модуля «МАИ», которые доступны только руководителю IT-отдела.

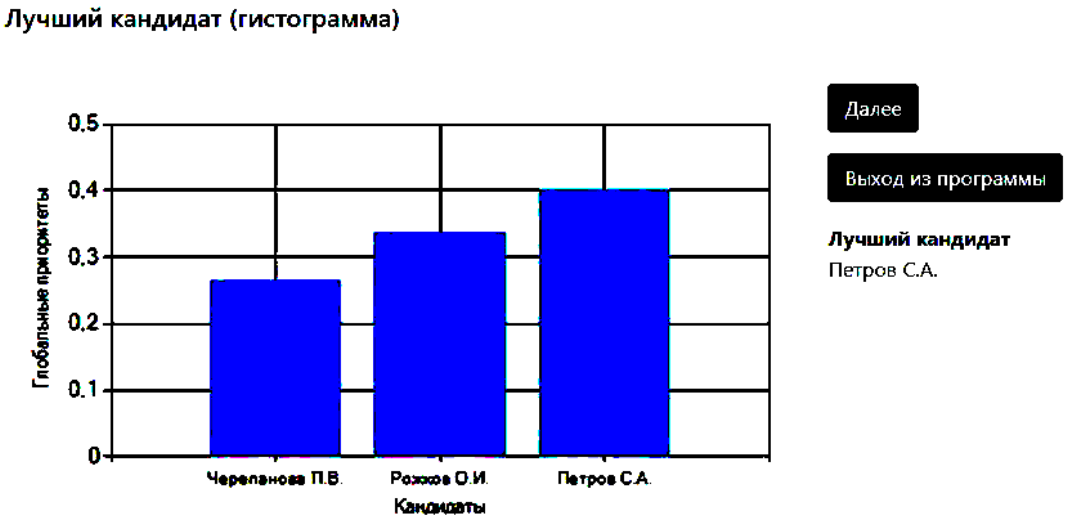


Рис. 4. Вывод гистограммы при выборе лучшего кандидата на должность “Администратор баз данных”

Анализ полученных приоритетов кандидатами: Петров С.А. - 0,4; Рожков О.И. - 0,32; Черепанова П.В. - 0,28, выявил лучшего претендента на должность “Администратор баз данных”- Петров С.А.

Разработанная ИСППР прошла опытную эксплуатацию в Филиале Федерального казенного учреждения “Налог-Сервис” в Оренбургской области. Эффективность принятия решений оценивалась с использованием экономического и временного критериев. Полученные оценки показали, что автоматизация информационных процессов принятия решений обеспечила более оперативный сбор информации, сокращение времени на процесс управления и выработку эффективных решений, снижение финансовых ресурсов на саму процедуру выработки решения по выбору кандидатов на должность в IT-отдел. Дальнейшее направление исследований связано с разработкой баз знаний выбранной предметной области и интеллектуального интерфейса системы поддержки принятия решений, включение в архитектуру ИСППР новых модулей на основе «мягких вычислений».

Список литературы

1. Правительство Российской Федерации. Распоряжение № 1632-р от 28 июля 2017 г. Программа "Цифровая экономика российской федерации" Режим доступа: http://static.government.ru/ media/files/ 9gfm4fhj4psb79i5v7ylvupgu4bvr7m0.pdf.

2. *Насейкина Л.Ф.* Автоматизация подбора персонала IT-отдела // Вестник ОГУ, 2014. - №9. – С.190-196.

3. *Некрасов, Ю.В.* Разработка социальных рейтингов, основанная на математическом методе анализа иерархий / Ю.В. Некрасов, Н.А. Алейникова, Р.С. Сумина // Вестник воронежского государственного аграрного университета. 2014. № 3. - С. 172-177.

4. *Митрошин, П.А.*Применение метода анализа иерархий в целях оценки важности дисциплин // Глобальный научный потенциал. 2012. № 18. С. 130-134.

5. *Зацаринный, А.А.* К вопросу оценки эффективности автоматизированных систем с использованием метода анализа иерархий системы и средства информатики / А.А. Зацаринный, Ю.С. Иненков // Системы и средства информатики. 2015. т. 25. № 3. С. 161-178.

6. *Donovan K.* Automated Recruiting and the Human Factor. http://manpowergroupsolutions.com/ wps/ wcm/ connect/d84e4218-132a-49c3-9662-cd8a70dfbece/Automated-Recruiting-and-the-Human-Factor.pdf.

7. *Mayer E.* Using automation to make recruiting personal. http://blog.smashfly.com/2016/06/16/using-automation-make-recruiting-personal.

8. *Vaccaro* A. The Future of Recruiting and Hiring Technology. http://www.inc.com/adam-vaccaro/the-future-of-recruiting-automation.html.

9. *Семенов, А.М.* База знаний интеллектуальной обучающей системы технической дисциплины / Семенов, А.М. Семенова Н.Г., Крылов И.Б. // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. - №9. – С. 232-239. ISSN 1814-6457.

10. *Саати, Т.* Принятие решений. Метод анализа иерархий. - М.: Радио и связь,1993.

11. *Семенов А.М., Тагиров В.К., Кофанова В.В., Тагирова Л.Ф.* Программная система выбора лучшего сотрудника сферы информационных технологий на основе метода анализа иерархий [электрон]: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018613351. Зарег. в РОСПАТЕНТ, в Реестре программ для ЭВМ 13.03.2018. - М., 2018.253-259.

05.13.06

[1]Л.А. Симонова д-р техн. наук, [2]Е.И. Егорова канд. техн. наук

[1]Набережночелнинский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
[2]Альметьевский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева - КАИ»

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ДЕТАЛИ

Этап проектирования технологических процессов обработки деталей является нетривиальной задачей, и технолог сталкивается со значительными трудностями при выборе наилучшего решения. С целью частичного снятия нагрузки с технолога при выборе альтернатив актуально применение интеллектуальной системы проектирования технологических процессов. Онтологическая модель представления информации о технологическом процессе описывается с помощью атрибутивных графов, что позволяет осуществлять анализ формы и пространственных отношений между структурными элементами объектов, сокращает область интерпретации понятий и количество интерпретирующих функций.

Ключевые слова: *онтологическая модель, технологический процесс, атрибутивные графы, интеллектуальная система построения технологических процессов, технологическое решение, оптимальное технологическое решение.*

Сложные технологические системы являются неотъемлемой частью машиностроительных производств. В настоящее время большая часть этапов жизненного цикла изделий и систем по его созданию автоматизирована, но полностью исключить человека из процесса принятия решений практически невозможно.

Этап проектирования технологических процессов обработки деталей является нетривиальной задачей, и технолог сталкивается со значительными трудностями при выборе наилучшего решения. В связи с непрерывно нарастающим объемом данных при выборе альтернатив очевидна необходимость моделей и методов искусственного интеллекта при обработке информации. С целью частичного снятия нагрузки с технолога при выборе альтернатив актуально применение интеллектуальной системы проектирования технологических процессов.

В данной статье предлагается онтологическая модель представления информации о технологическом процессе, которая описывается с помощью атрибутивных графов, что позволяет осуществлять анализ формы и пространственных отношений между структурными элементами объектов, сокращает область интерпретации понятий и количество интерпретирующих функций.

Технологическое проектное решение состоит из описания технологических объектов и их взаимодействий, которые обеспечивают заданное качество обрабатываемой поверхности, соответствующей фиксированному множеству условий функционирования технологического объекта. Объектами проектирования выступают геометрические модели обрабатываемых деталей. Объектами технологических проектных решений выступают технологические процессы и их элементы. Объект проектного технологического решения носит многоэтапный и многовариантный характер рассматриваемого процесса и в общем случае его можно представить следующим образом:

$$TR = <H, F, S, Z> \quad (1),$$

где H - множество характеристик объекта проектирования, определяющих его взаимодействие с внешней средой; F - множество функций объекта проектирования; S - структура объекта проектирования; Z- множество параметров объекта проектирования.

Методика формирования технологического процесса, наряду с разработкой его содержания и расчетом параметров обеспечивает получение законченного комплекса итоговых показателей каждого варианта его выполнения, необходимого для объективной сравнительной оценки эффективности всех альтернативных вариантов его реализации и отбора оптимального варианта. Проектное технологическое решение представлено в виде модели, которая описывается типовыми элементами и связями (информационными, пространственными, временными) их соединяющими [1].

Проектное технологическое решение состоит из множества характеристик, получаемых посредством взаимодействия объектов проектирования, направленных на решение частных проектных задач.

Каждый объект проектного технологического решения обладает своим уникальным набором характеристик. Например, выбор металлорежущего оборудования будет происходить на основании анализа и сопоставления матриц технологических возможностей станков, максимального диаметра инструмента и размера рабочей области станков и подразумевать последовательные действия, связанные с этим, выбор режущего инструмента происходит на основании анализа и сопоставления матриц, связанных с определением группы, типа, наименования, марки инструмента, реализуемого технологического метода, конструктивной схемы, физико – механических свойств материалов режущих и посадочных отверстий. Для выбора приспособления необходим анализ и сопоставление матриц, связанных с наименованием операции, моделью станка, кода схемы установки, габаритных размеров приспособлений, силы и времени закрепления и т.д.

Поиск альтернативного решения среди взаимосвязанных объектов сложной структуры осуществляется по сопоставлению атрибутивных графов, автоматически порождающих свои поддеревья поиска (рисунок 1). Формирование оптимального технологического решения происходит путем сопоставления входных и выходных параметров, содержащихся в матрицах альтернатив взаимосвязанных между собой проектных модулей системы.

Математически поиск альтернативного решения среди взаимосвязанных объектов сложной структуры можно представить следующим образом, применяя теорию множеств: пусть ИС – интеллектуальная система, МС – модули системы, TRтп - технологические решения модуля формирования технологических процессов, TRри – технологические решения модуля выбора режущего инструмента, TRп – технологические решения модуля выбора приспособления. Рассмотрим некоторое множество ИС и систему множеств МС= {M1,...Mn}. Система множеств МС называется разбиением множества ИС, если она удовлетворяет следующим условиям:

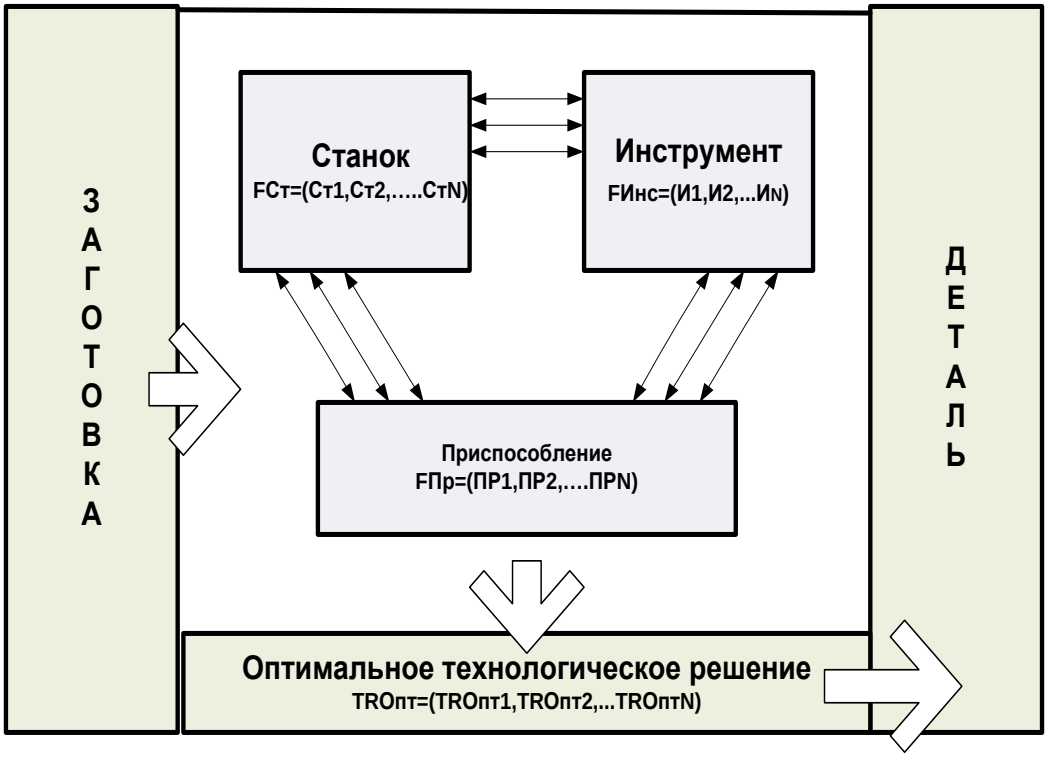


Рис. 1- Взаимодействие модулей системы

1. Любое множество TRтп из МС является подмножеством множества ИС

$$\forall TR_{тп} \in МС : TR_{тп} \epsilon ИС; \quad (2)$$

2. Любые два множества TRтп и TRри из МС являются непересекающимися

$$\forall TR_{тп} \in МС, \forall TR_{ри} \in МС : TR_{тп} \neq TR_{ри} \rightarrow TR_{тп} \cap TR_{ри} = \emptyset \quad (3)$$

3. Объединение всех множеств, входящих в разбиение, дает множество

$$\bigcup_{TR_{тп} \in мс} МС = ИС \quad (4)$$

где ИС – интеллектуальная система, МС – модули системы, TRтп - технологические решения модуля формирования технологических процессов, TRри – технологические решения модуля выбора режущего инструмента.

Понятие разбиение множеств тесно связано с понятием эквивалентности. Пусть TRри – технологические решения модуля выбора режущего инструмента – множество, на котором определено отношение эквивалентности. Например, TRри – множество технологических решений выбора режущего инструмента, а отношением эквивалентности является отношение «быть в одной группе». Подмножество элементов, эквивалентных некоторому элементу ри ∈ TRри, назовем классом эквивалентности. Так, группа, в которую входит элемент ри, будет классом эквивалентности, эквивалентному TRри.

Пусть TR – некоторое множество технологических решений. Обозначим через {TR∈TRри} множество классов эквивалентности для множества TRри. Очевидно, что все элементы одного класса эквивалентности эквивалентны между собой (свойство транзитивности) и всякий элемент ри ∈ TRри, может находиться в одном и только в одном классе. Но в таком случае TRри является объединением непересекающихся множеств TR, так что полная система классов {TR∈TRри} является разбиением множества TRри. Таким образом, каждому отношению эквивалентности на множестве TR соответствует некоторое разбиение множества TR на классы TRри.

В интеллектуальной системе построения технологических процессов проектирование технологического процесса осуществляется автоматически. Технологу отводится роль эксперта, который корректирует показатели технологического процесса в соответствии с потребностями производства. При проектировании технологического процесса параллельно автоматически решаются задачи формирования альтернативных технологических решений:

- модуля формирования технологических процессов, результатом работы которого обеспечивается привязка металлорежущего оборудования к технологическим методам обработки поверхностей детали, с учетом максимального диаметра инструмента и размера рабочей области станка которая представляется в виде конечного атрибутивного графа с набором качественных и количественных характеристик объекта проектирования;
- модуля выбора режущего инструмента. Выбор типа режущего инструмента зависит от результата формирования технологического решения модуля формирования технологических процессов и зависит от технологического метода обработки, связанного с группой, типом, наименованием, маркой инструмента, реализуемого технологического метода, конструктивной схемы, физико – механических свойств материала режущих и посадочных отверстий, а также качественных и количественных атрибутов объекта проектирования;
- модуля выбора приспособления. Выбор типа приспособления зависит от результата формирования технологического решения модуля формирования технологических процессов и зависит от наименования операции, модели станка, кода схемы установки, габаритных размеров приспособлений, силы и времени закрепления и т.д., а также качественных и количественных атрибутов объекта проектирования.

Создание интеллектуальной поддержки при проектировании технологических процессов в виде автоматически сформированных технологических решений, начинается с создания словаря (таблица 1). В словаре понятия, связанные с процессом проектирования однозначно интерпретированы. Онтологическая модель строится для того, чтобы найти общее взаимодействие через функции интерпретации генерации экземпляров всех входящих решений для расчета всех входящих атрибутов. Функции интерпретации, содержат классификацию понятий, принятых и существующих в настоящий момент на производстве. Учитывая особенности современного производства, функция интерпретации, связанная с металлорежущим оборудованием дополнена классом многоцелевых станков, которые позволяют в современном производстве обработать максимальное количество поверхностей детали без переустановки.

Таблица 1.

Функции интерпретации понятий интеллектуальной системы построения технологических процессов

F		$y \in C_1$	$x^1, \ldots, x^k \in C_2$
f_1		Изделие	Предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии ГОСТ 2.101-68
	f_1^1	Сборочная единица	Изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии – изготовителе с помощью сборочных операций
	f_1^2	Узел	Сборочная единица, которая может собираться отдельно от других составных частей изделия или изделия в целом и выполнять определенную функцию в изделиях одного назначения только совместно с другими составными частями ГОСТ 23887-79
	f_1^3	Деталь	Изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций ГОСТ 2.101-68

f_2		Оборудование	Список реализуемых технологических методов
	f_2^{1}	Токарные станки	Предназначены для обработки цилиндрических, конических и сложных поверхностей – как внутренних, так и наружных, а также для нарезания резьбы
	f_2^{2}	Сверлильные и расточные станки	Сверлильные станки предназначены для сверления глухих и сквозных отверстий в сплошном материале, рассверливания, зенкерования, развертывания, нарезания внутренних резьб, вырезания дисков из листового материала.
	f_2^{3}	Шлифовальные, полировальные доводочные и заточные станки	Станки предназначены для продольного и врезного шлифования наружных цилиндрических, пологих конических и торцовых поверхностей заготовок с установкой заготовок в центрах или патроне
	f_2^{4}	Специальные станки	Список реализуемых технологических методов
	f_2^{5}	Зубо – и резьбообрабатывающие станки	Предназначены для нарезания зубо- и резьбонарезных работ
	f_2^{6}	Фрезерные станки	Предназначены для выполнения разнообразных фрезерных работ по чугуну, стали и цветным металлам твердосплавным и быстрорежущим инструментом в условиях мелко- и крупносерийного производства
	f_2^{7}	Разрезные станки	Предназначены для разрезания заготовки на части
	f_2^{8}	Строгальные, долбежные, протяжные станки	Предназначены для строгальных, долбежных и протяжных работ
	f_2^{9}	Разные станки	Список реализуемых технологических методов
	$f_2^{1,2,6}$	Многоцелевые станки	Предназначены для обработки цилиндрических, конических и сложных поверхностей – как внутренних, так и наружных, а также для нарезания резьбы, для сверления глухих и сквозных отверстий в сплошном материале, рассверливания, зенкерования, развертывания, нарезания внутренних резьб, вырезания дисков из листового материала, для выполнения разнообразных фрезерных работ по чугуну, стали и цветным металлам твердосплавным и быстрорежущим инструментом в условиях мелко- и крупносерийного производства.
f_3		Приспособления станочные	Установка и закрепление заготовки; обеспечение выполнения содержания операции
	f_3^{1}	Приспособления для токарных станков	Установка и закрепление заготовки; обеспечение выполнения содержания операции
	f_3^{2}	Приспособления для сверлильных и расточных станков	Установка и закрепление заготовки; обеспечение выполнения содержания операции

	f_3^3	Приспособления для шлифовальных, полировальных, доводочных и заточных станков	Установка и закрепление заготовки; обеспечение выполнения содержания операции
	f_3^4	Приспособления для зубо – и резьбообрабатывающих станков	Установка и закрепление заготовки; обеспечение выполнения содержания операции
	f_3^5	Приспособления для фрезерных станков	Установка и закрепление заготовки; обеспечение выполнения содержания операции
	f_3^6	Приспособления для разрезных станков	Установка и закрепление заготовки; обеспечение выполнения содержания операции
	f_3^7	Приспособления для строгальных, долбежных, протяжных станков	Установка и закрепление заготовки; обеспечение выполнения содержания операции
f_4		Режущий инструмент	Реализуемый технологический метод
	f_4^1	Режущий инструмент для токарной обработке	Применяется для обработки наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей, а также подрезки торцов, обработке уступов, нарезки канавок
	f_4^2	Режущий инструмент для сверления	Относится к осевой обработке, т.е. лезвийной обработке с вращательным главным движением резания при постоянном радиусе его траектории и движении подачи только вдоль оси главного движения резания
	f_4^3	Инструмент для шлифовальной, полировальной, доводочной и заточной обработке	Главное движение резания совершает шлифовальный круг (вращение). Движение подачи сообщают заготовке или инструменту
	f_4^4	Зубо- и резьбообрабатывающий инструмент	Реализуемый технологический метод
	f_4^5	Инструмент для фрезерной обработке	Лезвийная обработка с главным вращательным движением резания, сообщаемым инструменту и имеющим постоянный радиус траектории, а также хотя бы одно движение подачи, направленное перпендикулярно оси главного движения
	f_4^6	Разрезной инструмент	Реализуемый технологический метод
	f_4^7	Инструмент для строгальной, долбежной, протяжной обработке	Реализуемый технологический метод
f_5		Маршрутный технологический процесс	Содержание операции
f_6		Технологическая операция	Содержание переходов

Онтологическая модель (таблица 1) позволяет описать технологические решения каждого проектного модуля интеллектуальной системы в виде многоагентных систем выбора технологического решения для каждого класса агента (рисунок 2).

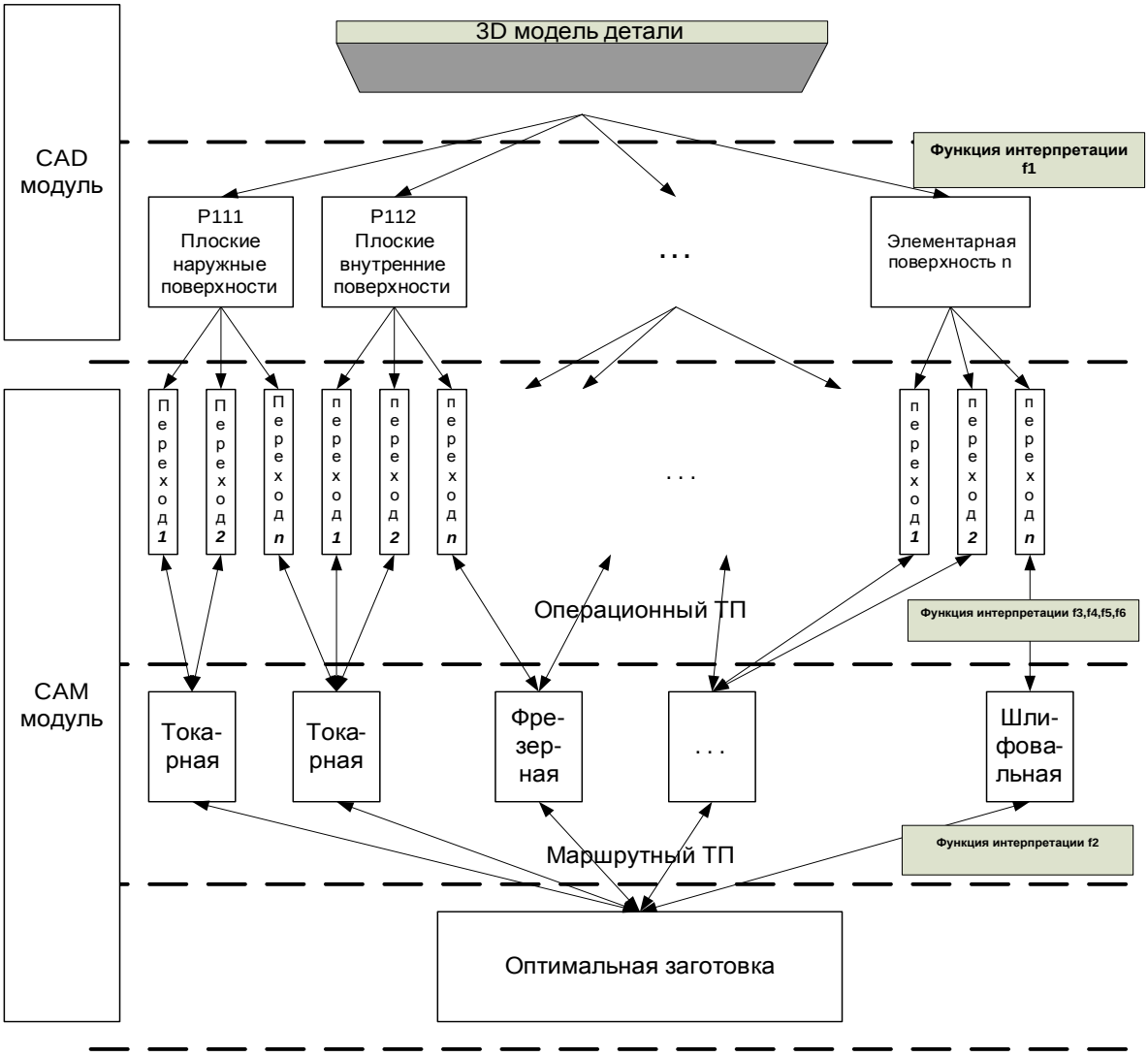


Рис. 2- Выбор технологического решения для каждого класса агента

При построении технологических процессов обеспечивается выбор структурного элемента на определенном этапе по качественным и количественным показателям. Качественный показатель является величиной комплексной, который зависит от качественных показателей каждого структурного элемента. Важными качественными показателями технологического процесса являются время обработки, которое предприятие стремится сократить и производительность процесса, которое предприятие стремится увеличить. Уровни иерархии технологического процесса, такие как ОПЕР, ПОЗ и УСТ, характеризуются выбранным металлорежущим оборудованием. В современном машиностроении целесообразно стремиться применять современные обрабатывающие центры с ЧПУ, где возможна многопозиционная обработка, которая позволит сократить установы/ переустановы.

Это приведет к сокращению основного времени обработки следовательно, позволит увеличить производительность. На уровнях иерархии технологического процесса, таких как, ПЕР и РХ, качественным показателем будет являться припуск на обработку, который является расчетной величиной. Решается технологическая задача, возможно ли снять припуск за один РХ или нет. Если припуск на обработку меньше расчетной величины, то заданное чертежом качество не будет получено в ходе обработки, если припуск больше расчетной величины, то требования чертежа по заданному качеству будет выполнено, но с большими затратами, то есть производительность процесса уменьшится, а себестоимость обработки возрастет. Поэтому необходимо стремиться к тому, чтобы снимаемый припуск

был равен расчетной величине. К количественным показателям технологического процесса относятся все те величины, которые рассчитываются или берутся из чертежа. Очень важно на стадии проектирования исключить ошибки расчетного характера и производить выбор станка, инструмента, приспособления не «примерно», более или менее подходящего под расчетные величины. Конечно же, в стремительно развивающемся мире, необходимо всегда помнить о сроках технологической подготовки производства.

Алгоритм рассуждателя в интеллектуальной системе построения технологических процессов основан на правилах поиска «связанных» фактов на атрибутивных графах, поскольку возможными интерпретациями являются множество вершин и множество дуг заданного графа. Это позволит упростить работу по созданию терминологического раздела базы знаний.

Из вышеизложенного можно сделать следующий вывод: разработка единой и однозначно интерпретируемой онтологии для интеллектуальной системы позволит формировать и описывать мультиагентные системы модулей технологических решений проектируемых технологических процессов в автоматическом режиме с формированием альтернатив проектных решений структурных элементов.

Список литературы

1. *Л. Симонова* Информационное обеспечение управления технологическими маршрутами. Интегрированные информационные системы в машиностроении. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH&Co.KG-189,2012.

05.13.01

А.Ю. Степаненко канд. техн. наук

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Аэрокосмический факультет,
кафедра Прикладной информатики,
ste@inmas.ru

ЛОГИСТИКА СНАБЖЕНИЯ: МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТЕЙ В МАТЕРИАЛАХ

В работе рассматриваются аспекты логистики материально-технического обеспечения в разрезе методов (способов) планирования / определения потребностей в материально-технических ресурсах при производстве машиностроительных изделий, а также в процессе эксплуатации авиационной техники.

Ключевые слова: *материал, материально-техническое обеспечение, планирование потребности в материальных ресурсах.*

В материальном производстве оборачиваются физические объекты, которые принято обобщенно называть материалами. Приведем одно из определений термина «материал», которое наиболее полно отражает сущность данного объекта для логистики снабжения:

Материал – это товарно-материальный объект, являющийся предметом хозяйственной деятельности. Материал может покупаться и продаваться, потребляться в производстве, а также производиться. Примерами материалов являются сырье, детале-сборочные единицы (ДСЕ), полуфабрикаты, готовая продукция [1].

Планирование потребности в материалах

Материальные ресурсы потребляются в процессе производства как готовой продукции, так и услуг. Такими материалами могут быть:

- сырье, закупаемое у внешних контрагентов – поставщиков, либо передаваемое для переработки по давальческой схеме;
- полуфабрикаты, как закупаемые, так и произведенные на собственном производстве;
- прочие вспомогательные материалы.

Указанные материалы, наряду с производством, потребляются также в смежных обеспечивающих структурах предприятия. Планирование потребности в материалах предназначено для определения этих потребностей на определенном временном горизонте с целью их своевременного удовлетворения.

Назначение планирования потребностей в материалах: обеспечить доступность материала, т.е. своевременную заготовку (закупку) или производство необходимого количества, как для внутренних целей, так и для сбыта.

Способы планирования потребности в материалах (ППМ)

Планирование потребности в материалах (ППМ) находится в зоне ответственности специалистов, которые устанавливают параметры планирования для материалов, а также отслеживают результаты планирования и разрешают, при необходимости, возникающие особые ситуации. Эти специалисты могут называться плановиками по материалам или плановиками ППМ.

По способу планирования можно выделить две основные группы материалов. Потребности в материалах, отнесенных к первой группе, поддаются точному расчету. Такие материалы являются компонентами полуфабрикатов и/или готовой продукции, и для них известны данные о так называемой входимости: в спецификациях полуфабрикатов и готовых изделий указаны исходные материалы и их количества. Таким образом, если определена производственная программа, то потребное количество исходных материалов может быть

рассчитано точно. Способ точного расчета потребностей также называется детерминированным ППМ (расчет в соответствии со стандартом MRP – Material Requirement Planning).

Исходными данными для детерминированного планирования служат: производственная программа, спецификации готовых изделий и полуфабрикатов, технологические карты.

Однако, не для всех материалов, используемых в производственных, а тем более во вспомогательных подразделениях, есть данные о входимости. Потребность в таких материалах, которые составляют вторую группу, не может быть рассчитана детерминированным способом. Для расчета потребностей в таких материалах используются способы, основанные на исторических данных о расходе. Такие способы планирования также называют планированием потребности, регулируемой расходом (consumption based planning). В группу способов регулируемого расходом ППМ входят:

- планирование по точке заказа;
- стохастическое планирование;
- цикличное планирование.

Планирование по точке заказа. Суть планирования по точке заказа состоит в том, что проекты заказов на восполнение запасов создаются ERP-системой автоматически каждый раз, когда уровень складских запасов соответствующего материала опускается ниже определенной величины, называемой «точкой заказа».

Величина точки заказа по каждому материалу, как и размер страхового запаса, могут быть рассчитаны в ERP-системе на основе данных о расходе материала в прошлые периоды. При необходимости эти показатели также могут устанавливаться вручную. Значение точки заказа рассчитывается таким образом, чтобы при ее достижении был создан заказ на поставку материала со временем восстановления запасов (т.е. сроком поставки), которое обеспечивало бы поступление заказанной партии материала не позже даты («Дата поставки») когда величина запаса упадет ниже страхового. Страховой запас предназначен для компенсации возможных колебаний как в сроках поставки (фактор поставщика), так и в уровне собственного потребления (фактор производства). Расчетная величина страхового запаса зависит от двух показателей:

- «Уровень сервиса» (Service level), выбранного для данного материала;
- степень неравномерности расходования материала по прошлым периодам.

Уровень сервиса (или уровень обеспеченности поставки) задается в процентах и определяет долю потребности в материале, которая должна быть покрыта складским запасом. Чем больше установленный для материала уровень сервиса, тем больше расчетное значение страхового запаса при прочих равных условиях. Поскольку уровень сервиса в ERP-системе может устанавливаться для каждого материала индивидуально, у плановика материалов имеется инструмент, с помощью которого он может разделять материалы на более важные или менее важные.

Степень неравномерности расходования: чем больше колебания в расходе материала от месяца к месяцу (либо для иной единицы времени – неделя, день), тем больше расчетная величина страхового запаса. Напротив, если материал расходовался в прошлом равномерно (практически одинаково в каждом периоде), то расчетная величина страхового запаса будет равной нулю независимо от заданного уровня сервиса.

Пример расчета показателей «точка заказа» и «страховой запас» в ERP-системе.

Рассмотрим два случая: в первом случае материал расходовался в прошлом практически равномерно по месяцам, а во втором весьма неравномерно. Общее же количество израсходованного материала в выбранном периоде в прошлом одинаковое в каждом случае. Выберем в качестве периода анализа предшествующие шесть месяцев и выполним прогноз расхода на следующие шесть месяцев, а также расчет точки заказа и страхового запаса.

Материал: смазка ЦИАТИМ-201, единица измерения КГ. Данные о расходе в предшествующие 6 месяцев и результаты расчета для обоих случаев проанализированы.

Показатель уровня сервиса в одном случае оказывает существенное влияние на результат расчета величины страхового запаса (неравномерный расход по периодам), а в другом случае (равномерный расход) не оказывает никакого влияния, поскольку страхового запаса в данном случае не требуется. Следует заметить, что прогноз строится из допущения, что тенденции расходования, выявленные на основе прошлых периодов, сохраняются и в будущем. При наличии оснований плановик может скорректировать расчетные данные страхового запаса и точки заказа.

Стохастическое планирование. Суть стохастического способа расчета заключается в том, что для материала составляется прогноз его использования в производственном или смежных процессах. Исходными данными для прогнозирования служат данные о расходе этого материала в прошлом. При составлении прогноза также могут учитываться запланированные изменения в производственной программе. Различают следующие модели прогноза: устойчивая, трендовая, сезонная, сезонно-трендовая.

Циклическое планирование. При производстве готовой продукции и полуфабрикатов потребляются материалы – сырье или другие полуфабрикаты. При этом выполняются определенные операции, в том числе, по переработке указанных материалов. Задание на производство оформляется в виде так называемого производственного заказа, который содержит набор необходимых для выполнения производственного задания данных: плановые сроки начала и окончания выполнения, перечень операций, перечень материалов, необходимых для выполнения операций.

Картину планирования потребности в материалах в случае авиационно-космической отрасли необходимо дополнить еще одной группой методов. Эти методы описаны в международном стандарте ATA SPEC-2000 [2] и относятся они к определению потребностей в ремонтопригодных оборачиваемых агрегатах, которые являются компонентами воздушных судов. Для таких агрегатов определяется нормативное время наработки на отказ, после выработки которого агрегат не списывается, а проходит процедуру технического обслуживания с восстановлением остаточного ресурса до нормативного значения.

Приведенный в статье перечень способов определения потребности в материалах, как показывает опыт участия автора в проектах автоматизации предприятий авиационно-космического профиля, является достаточным для автоматизации процессов логистики материально-технического снабжения таких предприятий. В ходе импортозамещения ПО класса ERP в системах отечественных производителей реализация данного набора методов сможет обеспечить их полнофункциональность в части определения потребностей в материалах. Необходимым же минимумом, по мнению автора, будет наличие детерминированного и стохастического способов вкупе со способом планирования «по точке заказа».

Список литературы

1. *SAP ERP* Online-документация по функционалу MM-MRP (http://help.sap.com).
2. *ATA SPEC 2000*. Международный стандарт. Глава 1. Формирование парка запасных частей.

05.13.01

М.Н. Терентьев канд. техн. наук

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
кафедра «Прикладная информатика»,
Москва, m-te@yandex.ru

ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДИСКРЕТНЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

В работе введены и формализованы показатели работы дискретных беспроводных сетей интернета вещей: надёжность, долговечность, коэффициент долговечности, длительность доставки сообщений. Набор данных показателей может быть использован при проектировании беспроводных сетей Интернета вещей для сравнения эффективности работы различных алгоритмов.

Ключевые слова: *беспроводные сети, Интернет вещей, показатель, надёжность, долговечность, длительность доставки сообщений.*

Возникновение Интернета вещей привело к необходимости взаимодействия в единой сети разнородных устройств — датчиков, контроллеров, исполнительных устройств. Во многих случаях такая сеть строится как беспроводная, что позволяет существенно сократить затраты на её создание. В качестве примера может быть названа беспроводная сеть датчиков, контролирующих качество тушения торфяного пожара [1]. Отказ от проводного электропитания устройств Интернета вещей делает их по настоящему мобильными, но порождает некоторые дополнительные проблемы. Одной из таких проблем является необходимость снижения потребления энергии источников питания (ИП) узлами с целью повышения долговечности.

Проектирование беспроводной сети Интернета вещей (БСИВ) предполагает выбор такого набора значений параметров её функционирования, который обеспечивает достижение наилучшего значения некоторой критериальной функции:\

$$x = \arg\max W(x), x \in X, \quad (1)$$

где x — набор значений параметров функционирования БСИВ, X — множество допустимых решений, $W(x)$ — значение критериальной функции для решения x.

Критериальная функция $W(x)$ может строиться на основе одного или нескольких показателей работы БСИВ, являющихся количественными мерами того, как БСИВ выполняет свою основную функцию — выполнение измерений и доставку сообщений адресатам. Результаты измерений должны быть доставлены в центр обработки данных (ЦОД), команды — исполнительным устройствам. В качестве показателей могут использоваться надёжность, долговечность и длительность доставки сообщений. Рассмотрим эти показатели работы БСИВ подробнее.

Надёжность. Определим надёжность p как отношение количества фактически доставленных в ЦОД результатов измерений к количеству результатов измерений, которые должны быть доставлены в ЦОД:

$$p = \frac{n_R}{n_A}, \quad (2)$$

где n_R — количество доставленных в ЦОД результатов измерений, n_A — количество результатов измерений, которые должны быть доставлены в ЦОД. Надёжность БСИВ может изменяться с течением времени вследствие влияния на связность беспроводной сети таких факторов как изменение конфигурации обслуживаемого объекта, изменение режима работы

помех, выход из строя отдельных узлов сети. При помощи выражения (2) надёжность может быть измерена как за всё время работы БСИВ, так и на некотором ограниченном интервале. В последнем случае мы будем оперировать мгновенным значением надёжности, относящимся к определённому времени. Обозначим значение мгновенной надёжности $p(t)$, где t — момент окончания интервала измерения надёжности. Теперь выражение (2) может быть переписано:

$$p(t) = \frac{n_R(t)}{n_A(t)}, \tag{3}$$

где t — конечная граница интервала измерения надёжности, $n_A(t)$ — количество результатов измерений, которые должны быть доставлены в ЦОД на интервале измерения, $n_R(t)$ — количество результатов измерений, которые были доставлены в ЦОД на интервале измерения. Положим по определению

$$p(0) = 1. \tag{4}$$

Выражение (2) записано в предположении одинаковой важности всех результатов измерений. Если это не так, то результатам измерений могут быть присвоены веса w_i такие, что

$$\sum_i w_i = 1\ . \tag{5}$$

Тогда

$$p(t) = \sum_{i=1}^{n_A(t)} w_i \delta_i\ , \tag{6}$$

где δ_i — признак, принимающий значение 1 в случае поступления в ЦОД соответствующего результата измерения или 0 в противном случае.

Долговечность. Долговечность узла определяется запасом заряда автономного невозобновляемого ИП и скоростью его расхода:

$$D = \frac{Q}{I}, \tag{7}$$

где D — долговечность узла, Q — заряд ИП узла, I — средняя сила электрического тока, потребляемого узлом. Сила потребляемого узлом электрического тока в общем случае изменяется вместе с изменением режима работы узла.

Долговечность БСИВ в целом связана с долговечностью отдельных узлов, но эти величины не тождественны. Режимы работы различных узлов могут не совпадать, и заряд ИП этими узлами будет расходоваться с различной скоростью. Следовательно, некоторые узлы исчерпают запасы заряда своих ИП раньше других. По мере исчерпания узлами запаса заряда узлы будут выходить из строя, что сократит количество доставленных в ЦОД результатов измерений n_R и, следовательно, снизит надёжность p. Абстрагируясь от временного снижения надёжности вследствие временного изменения конфигурации обслуживаемого объекта и изменения режима работы помех, можно сказать что $p(t)$ — невозрастающая функция, изменяющаяся ступенчато по мере выхода узлов из строя.

Определим **долговечность сети** как длительность функционирования БСИВ, в течение которой текущий состав узлов обеспечивает надёжность не хуже требуемой или, что то же самое, как момент времени, когда надёжность БСИВ, являющаяся невозрастающей функцией, снизится до минимально требуемого уровня:

$$D_{БСИВ} = \arg\left(p(t) \mid p(t) = p_{треб} \right), \tag{8}$$

где $D_{БСИВ}$ — долговечность БСИВ в целом, $p_{треб}$ — требуемая надёжность. Очевидно, что чем большей начальной избыточностью обладала БСИВ, тем выше будет её долговечность.

Для повышения долговечности может быть организован дискретный режим работы БСИВ.

Он заключается в чередовании фаз активной работы длительностью τ и фаз сна длительностью T [2]. Вся деятельность узлов сети сосредоточена на активных фазах; фазы сна вводятся для экономии энергии ИП, т.к. потребления тока на них практически нет. В случае дискретной БСИВ долговечность зависит от соотношения длительностей фаз:

$$D = \frac{QT}{I\tau}. \quad (9)$$

Коэффициент долговечности. Абстрагируясь от не зависящих от параметров работы БСИВ значений Q, I и директивно заданной периодичности выполнения функций узлов T, введём в рассмотрение *коэффициент долговечности* c:

$$c = \frac{1}{\tau}. \quad (10)$$

Значение этого коэффициента определяет долговечность дискретной БСИВ. Теперь выражение (9) можно переписать:

$$D = c\frac{QT}{I}. \quad (11)$$

Выражение (11) позволяет использовать c в качестве показателя при сравнении нескольких сетей, работающих в одинаковых условиях, но по различным алгоритмам.

Длительность доставки сообщений. Длительность доставки сообщений зависит от длины маршрута передачи сообщения и задержек на каждом его шаге. Задержка сообщения на некотором шаге многошагового маршрута складывается из задержки w доступа к каналу в режиме конкуренции и длительности x трансляции байтов сообщения. На величину w влияют алгоритм конкурентного доступа к каналу и количество конкурирующих за канал узлов. Перемещение узлов может изменять состав и количество узлов, конкурирующих за канал в некоторой области сети, поэтому величина задержки w не постоянна. Так как алгоритм конкурентного доступа предусматривает задержку случайной величины, то величина w — случайна. Введём в рассмотрение среднюю величину длительности $d(t)$ доставки сообщений за некоторый определённый интервал времени, отнесённую к количеству шагов многошагового маршрута:

$$d(t) = \frac{1}{n_R}\sum_{j=1}^{n_R}\left(\frac{1}{k^j}\sum_{i=1}^{k^j}\left(w_{ij} + x_{ij}\right)\right), \quad (12)$$

где k^j — длина маршрута сообщения с номером j.

Выводы. Для количественной оценки выполнения БСИВ своей функции могут быть использованы показатели: надёжность, долговечность (как отдельных узлов, так и БСИВ в целом), коэффициент долговечности, длительность доставки сообщений. Влияние значений этих показателей на критериальную функцию $W(x)$ определяется решаемой задачей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-08-01641 А.

Список литературы

1. *Гинзбург И.Б., Падалко С.Н., Терентьев М.Н.* Система мониторинга крупномасштабных объектов на базе многошлюзовой БСС с автономными отказоустойчивыми веб-клиентами // Электросвязь. 2017. №9. с. 60-66.

2. *Терентьев М.Н.* Обзор публикаций, посвящённых самоорганизации беспроводных сенсорных сетей // Труды МАИ, 2017, №94.

05.13.18

[1]И.М. Ткаченко канд. техн. наук, [2]Е.Р. Кожанова канд. техн. наук

[1] Российский университет дружбы народов,
департамент механики и мехатроники
института космических технологий инженерной академии,
Москва, tkachenko_im@rudn.university,
[2] Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
кафедра «Электронные приборы и устройства»,
Саратов, ljubimzh@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ НЕПРЕРЫВНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА НАНОСТРУКТУР

В статье представлена методика применения непрерывного вейвлет-преобразования для анализа элементного состава наноструктур с целью идентификации химического состава. Экспериментальные данные были получены с помощью сканирующего электронного микроскопа. Получение, обработка и исследование спектров проводились с применением авторского программного продукта "labpraktikum_osnov_wavelet".

Ключевые слова: *непрерывное вейвлет-преобразование, сканирующий электронный микроскоп, наноструктура, химический состав, спектр, распознавание элемента.*

В настоящее время в задачах спектрально-временного анализа нестационарных и неоднородных сигналов с целью распознавания нестационарностей и локальных особенностей, локализованных как во временной, так и в частотной областях, применяется вейвлет-анализ в виде непрерывного и дискретного вейвлет-преобразование. В данной статье рассматривается применение непрерывного вейвлет-преобразования (НВП) для распознавания элементного состава наноструктур [1].

Одним из инструментов получения фундаментальных знаний о материалах, в том числе о наноструктурах, является сканирующая электронная микроскопия, обладающая рядом преимуществ по сравнению с другими методами.

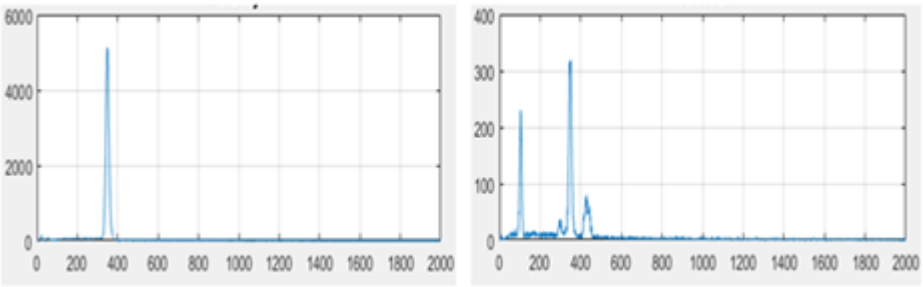
В ходе научно-исследовательской работы с помощью сканирующего электронного микроскопа ZEISS SIGMA SEM HD, позволяющего получать изображения во вторичных и отраженных электронах, а также осуществлять набор спектров характеристического рентгеновского излучения материала образца, были исследованы две твердые пластины:

1) первая пластина состоит из чистого кремния (Si) и являлась эталонным образцом;

2) вторая пластина представляет собой химическое соединение ($AlSiO_2$), полученная методом литографии.

В ходе экспериментов были получены таблицы значений энергии связи (эВ) и интенсивности (имп/с), на основании которых построены стандартные обзорные спектры обоих пластин - кремния Si (рис. 1а) и химического соединения $AlSiO_2$ (рис. 1б).

При композиции полученных обзорных спектров (рис. 1) видно, что для них характерен общий максимум в диапазоне от 300 до 400 эВ, показывающий наличие атомов кремния в соединениях (рис. 2).



а) б)

Рис.1 - Обзорные спектры пластин: из чистого кремния Si (а) и химического соединения $AlSiO_2$ (б)

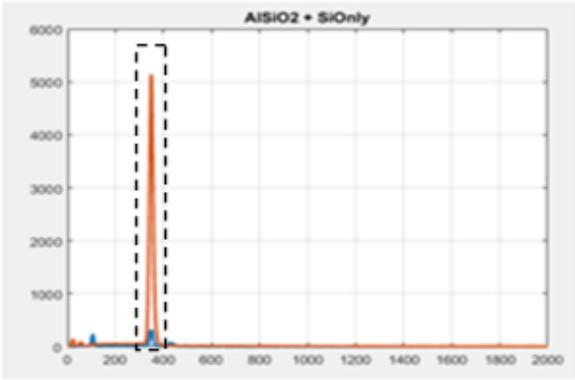


Рис. 2 – Композиция обзорных спектров исследуемых пластин

В статье [2] предлагается методика применения вейвлет-преобразования для анализа элементного состава наноструктур (рис. 3).

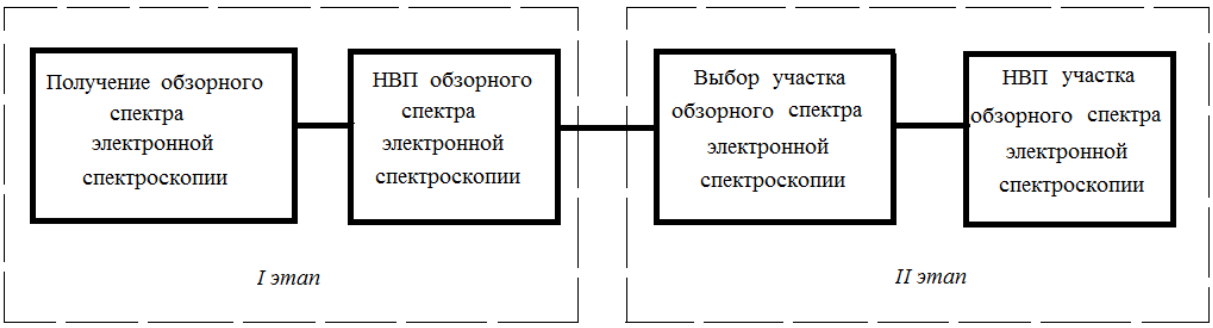


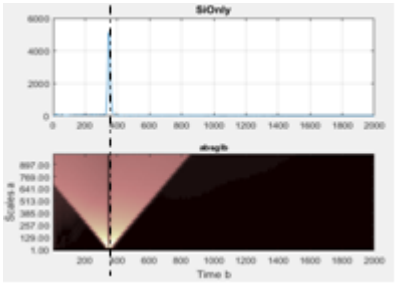
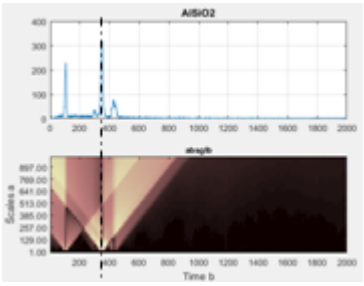
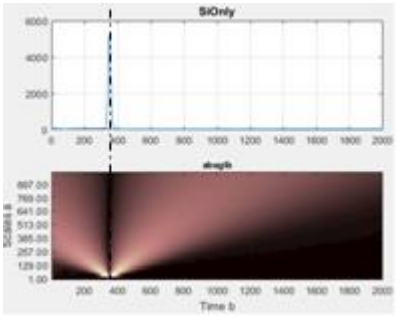
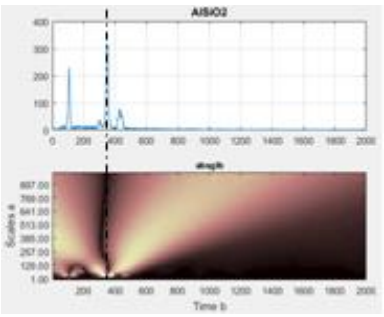
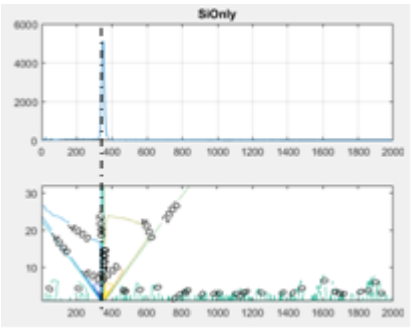
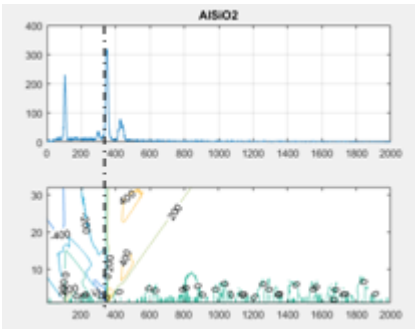
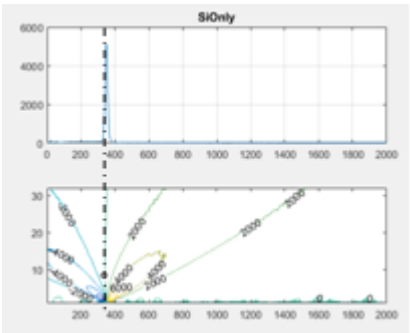
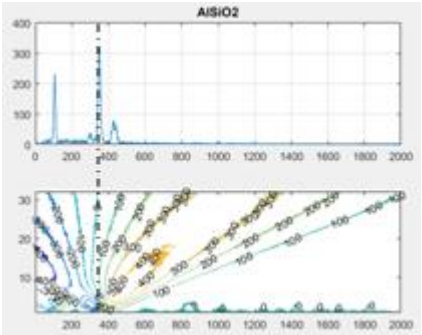
Рис. 3 - Методика применения вейвлет-преобразования для анализа элементного состава наноструктур [2]

Основной характеристикой первого этапа является выбор вейвлет-функции, которая фиксирует локальную особенность обзорного спектра. Второй этап может выполняться многократно, так как выбор участка обзорного спектра произвольный и определяется интересом исследователя к данному участку спектра.

Анализ композиции обзорных спектров исследуемых пластин (рис. 2) позволил выбрать вейвлет-функции, которые фиксируют точки экстремума – вейвлет Хаара и Гаусса первого порядка [1].

Для реализации предложенной методики с целью обработки, исследования и анализа полученных спектров было использовано авторское программное обеспечение «LABPRAKTIKUM_OSNOV_WAVELET» [3], состоящее из нескольких модулей. Был выбран четвертый модуль, демонстрирующий различные виды визуализации НВП.

Таблица 1 – Результаты НВП обзорных спектров пластин с помощью четвертого модуля LABPRAKTIKUM_OSNOV_WAVELET»

Способы визуализации	Вейвлет-функция	Пластина №1 (эталонный образец, Si)	Пластина №2 (химическое соединение $AlSiO_2$)
Вейвлет - спектрограмма	Вейвлет Хаара		
	Вейвлет Гаусса 1- го порядка		
Контурный график	Вейвлет Хаара		
	Вейвлет Гаусса 1- го порядка		

В таблице 1 показаны результаты непрерывного вейвлет-преобразования (НВП) обзорных спектров исследуемых пластин с помощью четвертого модуля LABPRAKTIKUM_OSNOV_WAVELET» при одинаковых параметрах НВП.

Анализ полученных вейвлет-спектрограмм позволил выбрать спектрограммы, полученные при помощи настройки 'absglb'. Визуализация общего максимума в диапазоне от 300 до 400 эВ (на графиках показана штрих-пунктирной линией), показывающего наличие атомов кремния в соединениях, четко фиксируется обоими вейвлетами (таблица 1, строка 1). Авторами предлагается использовать вейвлет Хаара, так как он четко фиксирует, в виде линий, оба максимума обзорного спектра второй пластины.

Анализ контурных графиков подтверждает правильность выбора вейвлета Хаара для проведения НВП (таблица 1, строка 2) с целью с целью идентификации химического состава, в нашем случае распознавания атома кремния.

Следовательно, для реализации предложенной методики применения вейвлет-преобразования для анализа элементного состава наноструктур (рис. 3) необходимо использовать вейвлет Хаара.

Список литературы

1 *Захаров А.А., Кожанова Е.Р., Ткаченко И.М.* Сравнительные характеристики применения классического преобразования Фурье и непрерывного вейвлет-преобразования для анализа сигналов: учебное пособие для студентов специальности «Электронные приборы и устройства» (210105.65), направления «Электроника и наноэлектроника» (бакалавры – 21010062, магистры - 2110068) / А.А. Захаров, Е.Р. Кожанова, И.М. Ткаченко. Министерство образования и науки Российской Федерации, Саратовский гос. технический ун-т им. Гагарина Ю.А., Саратов. 2012. - 132 с.

2. *Ткаченко И.М., Кожанова Е.Р.* Методика применения вейвлет-преобразования для анализа электронной спектроскопии наноструктур // Математические методы в техники и технологиях. ММТТ-30, 2017. – Т. 12. № 3-2. - С. 40-43.

3. *Кожанова Е.Р., Захаров А.А., Ткаченко И.М.* LABPRAKTIKUM_OSNOV_WAVELET: свидетельство о гос. регистрации программ на ЭВМ № 2011611250 от 07.02.2011 г.

05.13.00

С.А. Ямашкин канд. техн. наук, С.А. Федосин канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева»,
Институт электроники и светотехники,
кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления,
yamashkinsa@mail.ru, fedosinsa@mrsu.ru

ВЫДЕЛЕНИЕ ФАКТОВ О ГЕОПОЗИЦИИ ИЗ ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

В статье описан алгоритм формирования хранилища новостной геопространственной информации на основе агрегации данных с интернет-СМИ и извлечения именованных сущностей из информационных массивов на естественном языке. Детально охарактеризованы шаги 1) агрегация новостной информации; 2) выделение фактов о геопозиции из текста на естественном языке; 3) прямое геокодирование и пополнение хранилища данных; 4) пространственная визуализация в рамках веб-интерфейсов. Результаты исследования внедрены в работу новостного геопортала.

Ключевые слова: *Извлечение фактов, извлечение именованных сущностей, анализ естественного языка, геопорталы.*

Данные - это актив, который важно правильно хранить, обрабатывать, анализировать, используя для принятия решений и построения прогнозов. Эффективность этих процессов обеспечивает единое хранилище, в которое должны быть загружены проверенные качественные данные. Задача их консолидации из разных источников подразумевает разработку семантических моделей, или онтологий[1,2] на основе методов глубокого обучения (Deep Learning), обусловленными внедрением мощных вычислительных систем и трансформацией алгоритмов машинного обучения [3]. С использованием средств анализа естественного языка авторами статьи осуществлена успешная попытка формирования хранилища данных новостей с пространственной привязкой с целью создания новостного геопортала [4, 5] – геоинформационного ресурса, предоставляющего доступ к новостям, происходящим вокруг пользователя посредством электронной карты в рамках веб-интерфейсов.

Целесообразно выделить следующие ключевые шаги в рамках декомпозиции процесса формирования и визуализации пространственной новостной базы: 1) агрегация новостной информации; 2) выделение фактов о геопозиции из текста на естественном языке; 3) прямое геокодирование и пополнение хранилища данных; 4) пространственная визуализация в рамках веб-интерфейсов. Выполнение этих блоков позволит осуществлять сбор новостных сведений, выделять данные о геопозиции, сохранять полученную информацию в базу данных и предоставлять к ней доступ множеству пользователей при помощи удобных графических интерфейсов.

Решение первой задачи, связанной со сбором новостного контента хотя и требует компетентного подхода, вполне тривиально. Здесь важно собрать (и перманентно пополнять) перечень новостных ресурсов-источников, для каждого из них необходимо разработать агрегационный программный модуль. Ядром программного решения должны выступать регулярные выражения или DOM-анализаторы (если контент выделяется из HTML-разметки) или парсеры XML- или JSON-массивов данных (в случае когда ресурс возвращает структурированные массивы информации по API (с использованием прикладных программных интерфейсов)). Алгоритм агрегации данных следует запускать периодически с использованием планировщика задач (например cron) с целью постоянной актуализации новостной базы данных. Хранилище данных может быть спроектировано на основе реляционного подхода. В этом случае особый акцент следует сделать на нормализацию представления данных [6].

Второй этап решения проблемы наиболее сложен, а эффективность его реализации во многом зависит от выбора инструмента анализа текстовых массивов информации на естественном языке. Анализ предметной области показал, что ключ к достижению цели в данном вопросе находится в области обработки естественного языка (Natural Language Processing, NLP), смежного направления машинного обучения и математической лингвистики [7]. В рамках NLP изучается как проблемы понимание языка, так и вопросы синтеза естественных языков [8]. Частной же задачей, представляющей для нас особый интерес выступает задача извлечения именованных сущностей из текста на естественном языке (Named-entity recognition (NER)). Алгоритмы выделения фактов из текстов на естественном языке позволят выделить информацию о геопозиции новостного контента (определить место, о котором идет речь в новости) [9, 10].

Авторами статьи были проанализированы программные решения, направленные на извлечение фактов из естественного языка. Были выделены следующие коммерческие и открытые решения для английского и других иностранных языков: Spacy, OpenNLP, NLTK, Google Natural Language API. Для русского языка найдены следующие закрытые решения: Abbyy Infoextractor, RCO, Ahunter. Отдельно отмечены решения с открытым исходным кодом: Томита-парсер, парсер Наташа и Deepmipt NER.

Томита-парсер (выложенный в открытый доступ компанией Яндекс) представляет собой инструмент извлечения фактов из текста на естественном языке, работа которого основана на использовании контекстно-свободных (КС) грамматик и словарей (как встроенных, так и пользовательских) ключевых слов. Смысл термина «контекстно-свободная» в данном случае заключается в возможности применения продукции к нетерминалам, независимо от контекста (в отличие от общего случая неограниченной грамматики Хомского). Программный модуль включает в себя три лингвистических процессора: токенизатор (осуществляющий разбиение на слова), сегментатор (реализующий разбиение текста на синтаксические структуры, например предложения) и морфологический анализатор mystem (предназначенный для определения морфологических характеристик слов). На этапе разработки модуля выделения фактов о геопозиции решено использовать Томита-парсер в качестве центрального звена решения, при этом основная научная задача свелась к описанию контекстно-свободных грамматик, наборов правил, описывающих текстовые цепочки с использованием терминалов, нетерминалов и продукций вида *StreetWord -> 'улица'|'проспект'|'шоссе'* или *Street->StreetDescription interp (Street.Description) StreetNoun <gram="род",h-reg1> interp (Street. Name).* В последнем примере реализуется возможность согласования частей предложения по роду числу и падежу.

При выборе обозначенной стратегии решения второго этапа, направленного на выделение фактов о геопозиции из текста на естественном языке основная проблема и сложность находятся в области написания наборов грамматик. От того, насколько полным и исчерпывающим будет данный набор, зависит эффективность и точность извлечения фактов о геопозиции новости.

Третий шаг, прямое геокодирование и пополнение хранилища данных, необходим с целью определения географических координат (широты и долготы) для геопозиции факта. В общем случае задача прямого геокодирования заключается в сопоставлении вида *(Адрес | Топоним | Название объекта) → [lat; lon]* при котором текстовому имени объекта реального мира сопоставляется кортеж из его координат. Поиск решения привел к целесообразности использования API Яндекс Геокодера, программного продукта, работающего по концепции SaaS (Software as a Service, программа как услуга). Для получения ответа от сервиса необходимо отправить HTTP-запрос вида: https://geocode-maps.yandex.ru/1.x/?format=json&geocode=Саранск+Богдана+Хмельницкого+39 (в котором в качестве GET-параметров передается название или адрес объекта и формат ответа). Возвращаемый ответ же содержит пространственные данные об объекте, в частности его широту и долготы: {... "Point":{"pos":"45.178926 54.187138"} ... }. Прикладной программный интерфейс учитывает и исправляет опечатки, предлагая при этом несколько подходящих

вариантов. Таким образом, ядром реализации третьего программного блока разрабатываемого алгоритма решено выбрать сторонний программный компонент, взаимодействие с которым осуществляется по API.

Наконец, четвертый этап решено реализовать с использованием инструментов web-технологий путем вывода новостей на электронную карту. Новизна получаемого решения заключается в том, что в рамках созданных геопортальных интерфейсов ключевым геообъектом выступает новостное событие (в отличии от традиционного случая визуализации пространственных объектов). Прототип решения доступен по адресу https://lifeshot.info и включает пространственную и тематическую каталогизацию новостей, их визуализацию с использованием адаптивных графических интерфейсов (основанных на технологиях разметки HTML5, таблицах стилей CSS3, язык программирования JavaScript с использованием библиотек jQuery и Leaflet, которые были апробированы авторами статьи при создании региональных геопорталов [11]).

Проведенные научно-конструкторские работы не являются конечной точкой исследований. Апробированный многоступенчатый алгоритм выделения фактов о геопозиции из текстов на естественном языке показал точность выделения фактов о локализации события, превышающую 75%. Однако, анализ ошибочности применяемой методики показал пути дальнейшего совершенствование технологии. Так, результат синтаксического анализа текстовых массивов может быть использован в качестве входных данных для обучения глубоких нейронных сетей [3]. С другой стороны, точность алгоритма может быть повышена за счет более детальной проработки грамматических и семантических моделей. Наконец, в полной мере система может проявить себя не в виде автомата, а как компонент автоматизированной системы, с использованием рекомендаций которой администратор базы данных новостного ресурса проверяет агрегированные материалы и корректирует их с целью повышения точности и достоверности информации, размещаемой на новостном геопортале.

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования "Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва" при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации проекта «Разработка программно-технологической платформы на основе автоматизированных алгоритмов машинного обучения онтологической классификации нормативно-справочной информации (в том числе градиентного бустинга, нейронных сетей) с применением облачных технологий» (Соглашение №№ 074-11-2018-027 от 11.07.2018.) в рамках Постановления Правительства Российской Федерации от 09 апреля 2010 года №218 "О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства".

Список литературы

1. *Pierre Bonnet.* Enterprise Data Governance: Reference and Master Data Management Semantic Modeling. ISBN: 978-1-118-62253-7., 2013, Wiley-ISTE, 320 pages
2. *Лизин С.Н.* Управление данными в корпоративных информационных системах/ С.Н. Лизин, С.А. Федосин // Журнал Средневолжского математического общества. - 2010. Т.- 12. № 4. С. 263-270.
3. *LeCun Y.* Deep learning / Y. LeCun, Y. Bengio, G. Hinton // Nature. – 2015. – vol. 521. – №. 7553. – P. 436.
4. *Вдовин С.М.* Университетские геопорталы как инструмент решения экологических проблем / С. М. Вдовин, А. А. Ямашкин, С. А. Ямашкин // Экологические проблемы. Евразийское пространство Сер. "Евразийские университеты XXI века". – 2014. – С. 552-567.
5. *Вдовин С.М.* Географический портал как модель национального ландшафта / С. М. Вдовин, С. А. Ямашкин, А. А. Ямашкин, О. А. Зарубин // Вестник РГУ им. С.А. Есенина. – 2016. – № 3 (52). – С. 146-154.
6. *Вдовин С.М.* Получение, хранение и распространение геоданных как единый информационный процесс / С. М. Вдовин, С. А. Федосин, А. А. Ямашкин, С. А. Ямашкин // Природные опасности: связь науки и практики Материалы II Международной научно-практической конференции. – 2015. – pp. 82-90.
7. *Roy S.* Named Entity Recognition / S. Roy // AKGEC International Journal of Technology. – 2017. – vol. 8. – №. 2. – pp. 38-41.
8. *Mohit B.* Named Entity Recognition / B. Mohit // Natural language Processing of Semitic Languages. – Springer, Berlin. – 2014. – pp. 221-245.
9. *Nadeau D. A* Survey of Named Entity Recognition and Classification / D. Nadeau, S. Sekine // Lingvisticae Investigationes. – 2007. – vol. 30. – №. 1. – pp. 3-26.
10. Florian R. Named Entity Recognition Through Classifier Combination / R. Florian, A. Ittycheriah, H. Jing, T. Zhang // Proceedings of the Seventh Conference on Natural language Learning at HLT-NAACL 2003-Volume 4. – Association for Computational Linguistics. – 2003. – pp. 168-171.
11. *Ямашкин С.А*. Структура регионального геопортала, как инструмента публикации и распространения геопространственных данных / С. А. Ямашкин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 6. – С. 223-225.

АННОТАЦИИ
ABSTRACTS

В.С. Минкин, А.Д. Елчуева, Т.Ю. Старостина, Р.Х. Шагимуллин

ВУЛКАНИЗАЦИЯ НОВЫХ ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ЖИДКИХ ТИОКОЛОВ

Ключевые слова: полисульфидные олигомеры, вулканизующий агент, условия отверждения.

В статье приведены экспериментальные результаты по исследованию процессов вулканизации новых герметизирующих композиций промышленными агентами, определены физико-химические свойства новых двухкомпонентных герметиков.

V.S. Minkin, A.D. Elchueva, T.Yu. Starostina, R.Kh. Shagimullin

VULCANIZATION OF NEW SEALING COMPOSITIONS ON THE BASIS OF LIQUID TIOCOLS

Keywords: polysulfide oligomers, vulcanizing agent, curing conditions.

The article presents experimental results on the study of the vulcanization processes of new sealing compositions by industrial agents, the physicochemical properties of new two-component sealants are determined.

А.С. Андреев, Е.А. Сутыркина

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИСКРЕТНЫХ УРАВНЕНИЙ ВОЛЬТЕРРА

Ключевые слова: нелинейные дискретные уравнения Вольтерра, функционал Ляпунова, асимптотическая устойчивость.

В работе исследуется задача о развитии метода функционалов Ляпунова в определении устойчивости нелинейных дискретных уравнений Вольтерра. Изучена топологическая динамика таких уравнений, представлены теоремы о локализации положительного предельного множества решений и асимптотической устойчивости.

A.S. Andreev, E.A. Sutyrkina

ON STABILITY OF NONLINEAR DISCRETE VOLTERRA EQUATIONS

Keywords: nonlinear discrete Volterra equations, Lyapunov functional, asymptotic stability.

In this paper, the problem of the development of the Lyapunov functionals method is investigated in determining the stability properties of nonlinear discrete Volterra equations. The topological dynamics of such equations has been studied. Theorems on the localization of a positive limit set of solutions and asymptotic stability are presented.

Ф.М. Кадыров

ОДНОМЕРНАЯ ЗАДАЧА ФИЛЬТРАЦИОННОЙ КОНСОЛИДАЦИИ УПРУГОГО ПОЛУПРОСТРАНСТВА С РАЗРЫВНЫМИ НАЧАЛЬНЫМИ УСЛОВИЯМИ

Ключевые слова: консолидация, упругое полупространство, нагрузка, давление.

Рассматривается процесс фильтрационной консолидации упругого насыщенного полупространства в условиях одностороннего сжатия под действием нормальной нагрузки на его поверхность. Считается, что сжимаемостью скелета и жидкости можно пренебречь и что объемные деформации скелета связаны с переупаковкой зерен. Получено аналитическое представление для перемещений скелета упругого полупространства и приближенное решение для плоской задачи консолидации при малом времени с использованием понятия области влияния.

F.M. Kadyrov

ONE-DIMENSIONAL PROBLEM OF SEEPAGE CONSOLIDATION OF AN ELASTIC HALF-SPACE WITH DISCONTINUOUS INITIAL CONDITIONS

Keywords: consolidation, elastic half-space, load, pressure.

The process of seepage consolidation of an elastic saturated half-space under conditions of one-sided compression under the action of a normal load on its surface is considered. The fluid and the skeleton grains are assumed to be incompressible and the volume skeleton strains are related to grain repacking. The analytical forms for the settlement of an elastic half-space and the approximate solution for the plane consolidation problem with a small time using the concept of the domain of influence are obtained.

А.С. Калитвин, В.А. Калитвин, И.В. Барышева

О ЛИНЕЙНОМ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ УРАВНЕНИИ БАРБАШИНА С ЧАСТНЫМИ ИНТЕГРАЛАМИ

Ключевые слова: линейное интегро-дифференциальное уравнение Барбашина с частными интегралами, линейное уравнение Вольтерра с частными интегралами, резольвента.

Задача Коши для линейного интегро-дифференциального уравнения Барбашина с частными интегралами сведена к эквивалентному линейному интегральному уравнению Вольтерра с частными интегралами, установлена обратимость этого уравнения, получено представление решения с использованием резольвентных ядер.

A.S. Kalitvin, V.A. Kalitvin, I.V. Barysheva

ON LINEAR INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATION OF BARBASHIN WITH PARTIAL INTEGRALS

Keywords: linear integro-differential equation of Barbashin with partial integrals, linear Volterra integral equation with partial integrals, resolvent.

The Cauchy problem for linear integro-differential equation of Barbashin with partial integrals is reduced to equivalent Volterra linear integral equation with partial integrals, the invertibility this equation is established, a representation of solution with use of the resolvent kernels is obtained.

Е.А. Логинова

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ТЕПЛА В КРУГОВОМ ЦИЛИНДРЕ С РАЗРЕЗОМ

Ключевые слова: распределение тепла по поверхности цилиндра, тепловые потоки, граничные условия, асимптотические представления.

Работа посвящена задаче распределения тепла по поверхности кругового цилиндра с разрезом по отрезку, параллельному направляющей цилиндра. Построено аналитическое решение рассматриваемой задачи. Изучение качественных свойств решения позволило доказать выполнение граничных условий, а также изучить гладкость решения и выделить сингулярные члены асимптотических разложений решения и его первых производных по малому параметру – расстоянию до концевых точек границы.

E.A. Loginova

ABOUT THE DISTRIBUTION OF HEAT IN A CIRCULAR CYLINDER WITH A CUT

Keywords: heat distribution over the cylinder surface, heat fluxes, boundary conditions, asymptotic representations.

The work is devoted to the problem of heat distribution over the surface of a circular cylinder with a cut along a segment parallel to the cylinder guide. An analytical solution of the problem under consideration has been constructed. The study of the qualitative properties of the solution allowed us to prove the fulfillment of the boundary conditions, as well as to study the smoothness of the solution and isolate the singular terms of the asymptotic expansions of the solution and its first derivatives with respect to a small parameter — the distance to the end points of the boundary.

К.В. Осипян, К.М. Расулов

О НЕТЕРОВОСТИ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТИПА ЗАДАЧИ КАРЛЕМАНА В КЛАССАХ МЕТААНАЛИТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В НЕВЫРОЖДЕННОМ СЛУЧАЕ

Ключевые слова: метааналитическая функция, краевая задача типа задачи Карлемана, картина разрешимости, нетеровость.

В статье рассматривается краевая задача типа задачи Карлемана в классах метааналитических функций. Установлено, что в так называемом невырожденном случае рассматриваемая задача является нетеровой и допускает полное описание картины ее разрешимости. Сформулированы некоторые нерешенные проблемы.

K.B. Osipyan, K.M. Rasulov

ON THE NOETHERIAN OF THE BOUNDARY VALUE PROBLEM OF CARLEMAN TYPE IN CLASSES OF METAANALYTIC FUNCTIONS IN THE NON-DEGENERATE CASE

Keywords: metaanalytic function, boundary value problem of Carleman type, picture of solvability, noetherian boundary value problem.

The paper deals with the boundary value problem of Carleman type in the classes of metaanalytic functions. It is stated that in the so-called non-degenerate case the boundary value problem under consideration is noetherian and allows to give a complete description of its solvability. Some unsolved problems are formulated.

К.М. Расулов, Т.И. Тимофеева

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ РЕШЕНИЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТИПА ГИЛЬБЕРТА ДЛЯ КВАЗИГАРМОНИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

Ключевые слова: краевая задача Гильберта, квазигармоническая функция, дифференциальное уравнение, носитель краевых условий, неустойчивость.

Рассматривается краевая задача типа задачи Гильберта для квазигармонических функций. Устанавливается неустойчивость решений неоднородной краевой задачи типа задачи Гильберта для квазигармонических функций первого рода по отношению к малым изменениям носителя краевых условий.

K.M. Rasulov, T.I. Timofeeva

INSTABILITY OF SOLUTIONS OF THE BOUNDARY VALUE PROBLEM OF HILBERT TYPE FOR QUASIHARMONIC FUNCTIONS

Keywords: boundary value problem of Hilbert type, quasiharmonic function, differential equation, instability.

The paper deals with the boundary value problem of Hilbert type in the classes of quasiharmonic functions. It is stated that solutions of the boundary value problem of Hilbert type in the classes of quasiharmonic functions of the first genus are unstable in case of small changes of the carrier of the boundary conditions.

Л.С. Сабитов, Н.Ф. Кашапов, И.К. Киямов, И.Л. Кузнецов

ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЁТА ТОНКОСТЕННОГО СТЕРЖНЯ-ОБОЛОЧКИ ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ СО СЛАБОЙ КОНУСНОСТЬЮ И ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНОЙ СТЕНКИ

Ключевые слова: математическое моделирование, численно-аналитический метод, тонкостенный стержень-оболочка, инжиниринг.

Рассматривается расчет в авторской программе ПК «AutoRSS.02» тонкостенный стержень-оболочка закрытого профиля со слабой конусностью с переменной толщиной стенки на примере высотного сооружения. Данный численно-аналитический метод позволяет находить все необходимые компоненты напряженно - деформированного состояния (НДС) необходимые для реального проектирования таких конструкций сооружений.

L.S. Sabitov, N.F. Kashapov, I.K. Kiyamov, I.L. Kuznetsov

NUMERICAL-ANALYTICAL METHOD FOR CALCULATING A THIN-WALLED SHAFT-SHEET CLOSED PROFILE WITH WEAK CONE AND A VARIABLE THICKNESS WALL

Keywords: mathematical modeling, numerical-analytical method, thin-walled core-shell, engineering.

We consider the calculation in the author's program of the PC "AutoRSS.02" thin-walled core-shell of a closed profile with a weak taper with a variable wall thickness using the example of a high-rise structure. This numerical-analytical method allows you to find all the necessary components of the stress - strain state (VAT) necessary for the actual design of such structures.

Л.С. Сабитов, Н.Ф. Кашапов, И.Л. Кузнецов, И.К. Киямов

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ УЗЛОВ СОЕДИНЕНИЙ ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ-ОБОЛОЧЕК ЗАКРЫТОГО ПРОФИЛЯ. РАСЧЁТ ЗАДАЧИ ПО БЕЗМОМЕНТНОЙ ТЕОРИИ

Ключевые слова: математическое моделирование, безмоментная теория, тонкостенный стержень-оболочка, инжиниринг.

Для исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) телескопического узла конструкции тонкостенного стержня предлагается приближенный аналитический метод решения. Во-первых, все силы, действующие на сооружения таковы, что они будут вызывать либо только осесимметричный (осевая сжимающая сила P^* и собственный вес), либо обратносимметричный изгиб (изгибающий момент M^*). Во-вторых, общие решения для этих случаев будем строить как сумму безмоментного и моментного (типа краевого эффекта) решений.

L.S. Sabitov, N.F. Kashapov, I.L. Kuznetsov, I.K. Kiyamov

STRESSED-DEFORMED CONDITION OF NODES OF CONNECTIONS OF THIN-WALLED CLOSED-SHELLS OF THE CLOSED PROFILE. CALCULATION OF THE PROBLEM UNDER THE IMPROVEMENT THEORY

Keywords: mathematical modeling, momentless theory, thin-walled core-shell, engineering.

*To study the stress-strain state (SSS) of the telescopic node of the thin-walled rod construction, an approximate analytical method is proposed. First, all the forces acting on the structures are such that they will cause either only axisymmetric (axial compressive force P * and own weight) or reverse symmetric bending (bending moment M *). Second, the general solutions for these cases will be constructed as the sum of the momentless and moment (like the edge effect) solutions.*

Н.В. Севодина

ОБ ОПТИМАЛЬНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТА НА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ

Ключевые слова: пьезоэлементы, коэффициент электромеханической связи, собственные частоты колебаний, вынужденные установившиеся колебания.

В работе представлен подход к определению оптимального

N.V. Sevodina

THE OPTIMAL LOCATION OF THE PIEZOELECTRIC ELEMENT AT THE SPATIAL STRUCTURE

Keywords: piezoelectric elements, electromechanical coupling coefficient, eigenfrequiencies, steady state forced vibrations.

This paper presents an approach for defining an optimal location of piezoelectric element at the spatial structure in

расположения пьезоэлемента на пространственной конструкции для достижения максимальной величины электрического потенциала, генерируемого пьезоэлементом на выбранной частоте колебаний конструкции. В качестве критерия оптимальности принято условие максимума обобщенного коэффициента электромеханической связи, характеризующего долю преобразованной механической энергии колебаний в электрическую. Достоверность полученных результатов продемонстрирована на примере амплитудно-частотных характеристик электрического потенциала, полученных на основе решения задачи о вынужденных установившихся колебаниях.

order to reach the maximal value of electric potential generated by piezoelectric element at the selected structural vibration frequency. The condition of maximal value of generalized electromechanical coupling coefficient that characterizes the amount of transformed mechanical energy of vibration into electric energy was chosen as optimality criterion. Reliability of the obtained results is shown at the example of frequency response plots for electric potential obtained on the basis of the solution of steady-state vibration problem.

И.Б. Юмов, Ц.Ж. Юмова

ОБ АСИМПТОТИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ УЗЛОВ ВЕСОВОЙ КВАДРАТУРНОЙ ФОРМУЛЫ ТРАПЕЦИЙ

Ключевые слова: весовые квадратурные формулы, асимптотически оптимальное распределение узлов, пространство Соболева.

В статье исследуется весовая квадратурная формула трапеций с асимптотически оптимальным распределением узлов в пространстве Соболева. Рассмотрены примеры нахождения асимптотически оптимального распределения узлов для некоторых гладких и негладких весовых функций.

I.B. Yumov, Ts.Zh. Yumova

ABOUT ASYMPTOTICALLY OPTIMAL DISTRIBUTION OF NODES OF A WEIGHTED QUADRATURE FORMULA OF TRAPEZIUM

Keywords: weight quadrature formulas, asymptotically optimal distribution of nodes, Sobolev space.

The article investigates the trapezium quadrature weighted formula with the asymptotically optimal distribution of nodes in the Sobolev space. Examples of finding the asymptotically optimal distribution of nodes for some smooth and non-smooth weight functions are considered.

А.В. Быков, Г.Н. Демиденко, А.А. Добрянская, З.О. Нехаева, Л.Ж. Никошвили

ПОЛИМЕРСТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ЖИДКОФАЗНОГО ГИДРИРОВАНИЯ АНИЛИНА

Ключевые слова: гидрирование анилина, катализатор, стабильность.

Изучена активность и селективность процесса жидкофазного гидрирования анилина в присутствии каталитических систем Pd/MN100, Pt/MN100, Ru/MN100. Методами ИК-спектроскопии и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии изучены стабильность полимера в процессе каталитического цикла и состав металлосодержащих фаз каталитических систем.

A.V. Bykov, G.N. Demidenko, A.A. Dobryanskaya, Z.O. Nekhaeva, L.Zh. Nikoshvili

POLYMER-STABILIZED CATALYTIC SYSTEM FOR LIQUID-PHASE HYDROGENATION OF ANILINE

Keywords: hydrogenation of aniline, catalyst, stability.

The activity and selectivity of aniline liquid-phase hydrogenation in the presence of catalytic systems Pd/MN100, Pt/MN100, Ru/MN100 were studied. The stability of the polymer during the catalytic cycle and the composition of metal-containing phases of catalytic systems were studied by IR spectroscopy and x-ray photoelectron spectroscopy.

Н.В. Лакина, В.Ю. Долуда, Г.Ю. Рабинович, Е.О. Долуда, М.Е. Лакина

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИЧИСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА ТОРФА ВЕРХОВОГО ТИПА, КАК ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Ключевые слова: целлюлозолитические микроорганизмы, торф верхового типа, биотрансформация, D-глюкоза, мультиферментный комплекс, кинетические параметры, биотопливо.

Данная работа посвящена изучению эффективности применения различных по содержанию гидролаз мультиферментных комплексов в процессе получения D-глюкозы, как исходного сырья в производстве биоэтанола. Была установлена высокая эндоглюканазная активность ферментативной системы гриба Geotrichum candidum 1 (3000 ед/г), Geotrichum candidum 2 (4000 ед/г) и Trichoderma longibrachiatum (1100 ед/г) при pH 4.5, T=40^{0}C. Представлена кинетическая схема действия целлюлолитических ферментов, состоящая из реакций последовательно-параллельного действия нескольких ферментов, входящих в состав целлюлазного комплекса ферментов, выделенных из Geotrichum candidum, Trichoderma reesei, Rapidase, Trichoderma koningii, Trichoderma lignorum, Trichoderm longibrachiatum, Aspergillus niger.

N.V. Lakina, V.Yu. Doluda, G.Yu. Rabinovich, E.O. Doluda, M.E. Lakina

THE STUDY OF KINETIC CHARACTERISTICS OF THE ENZYMATIC HYDROLYSIS OF THE PEAT TYPE AS THE CELLULOSE-CONTAINING RAW MATERIAL

Keywords: cellulolytic microorganisms, peat, upland, biotransformation, D-glucose, multienzyme complex, kinetic parameter, biofuels.

This work is devoted to the study of the effectiveness of the use of different content of hydrolases of multi-enzyme complexes in the process of obtaining D-glucose as a feedstock in the production of bioethanol. High endoglucanase activity of the enzymatic system of the fungus Geotrichum candidum1 (3000 u/g) Geotrichum candidum 2 (4000 ед/г), Trichoderma longibrachiatum (1100 ед/г) at pH 4.5, T=400C was established. The kinetic scheme of action of cellulolytic enzymes, consisting of reactions of series-parallel action of several enzymes included in the cellulase complex of enzymes isolated from Geotrichum candidum, Trichoderma reesei, Rapidase, Trichoderma koningii, Trichoderma lignorum, Trichoderm longibrachiatum, Aspergillus niger, is presented.

Н.А. Немыгина, Е.С. Бахвалова, Л.Ж. Никошвили, Э.М. Сульман

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ В РЕАКЦИЯХ СУЗУКИ, ХЕКА И СОНОГАШИРА

Ключевые слова: реакция Сузуки, реакция Хека, реакция Соногашира, сверхсшитый полистирол, биметаллический катализатор, палладий

N.A. Nemygina, E.S. Bakhvalova, L.Zh. Nikoshvili, E.M. Sulman

POSSIBILITY OF USE OF BIMETALLIC CATALYSTS IN THE SUZUKI, HECK AND SONOGASHIRA REACTIONS

Keywords: Suzuki reaction, Heck reaction, Sonogashira reaction, bimetallic catalyst, palladium, hypercrosslinked polystyrene

В статье рассмотрена возможность использования биметаллических (Au-Pd и Pd-Cu) катализаторов в реакциях кросс-сочетания Сузуки, Хека и Соногашира. Было обнаружено, что введение второго металла-модификатора (Cu или Au) способно существенно повысить эффективность (активность, селективность и стабильность) безлигандных Pd-содержащих каталитических систем.

The article considers the possibility of using bimetallic (Au-Pd and Pd-Cu) catalysts in the Suzuki, Heck and Sonogashira cross-coupling reaction. It was found that the introduction of a second metal modifier (Cu or Au) can significantly increase the efficiency (activity, selectivity and stability) of ligand-free Pd-containing catalytic systems.

Н.А. Немыгина, Л.Ж. Никошвили, О.В. Манаенков, М.Г. Сульман, Э.М. Сульман

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТООТДЕЛЯЕМЫХ Pd-СОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ СВЕРХСШИТОГО ПОЛИСТИРОЛА В РЕАКЦИИ КРОСС-СОЧЕТАНИЯ СУЗУКИ

Ключевые слова: реакция кросс-сочетания Сузуки, сверхсшитый полистирол, магнитоотделяемый катализатор, палладий

В данной работе приводятся результаты тестирования Pd-содержащего магнитоотделяемого катализатора на основе сверхсшитого полистирола (СПС) марки MN270 в реакции кросс-сочетания 4-броманизола и фенилбороновой кислоты в присутствии NaOH в качестве основания. Было обнаружено, что активность катализатора Pd-Fe3O4/СПС выше по сравнению с образцом Pd/СПС.

N.A. Nemygina, L.Zh. Nikoshvili, O.V. Manaenkov, M.G. Sulman, E.M. Sulman

APPLICATION OF PALLADIUM-CONTAINING POLYSTYRENE-BASED MAGNETICALLY SEPARABLE CATALYSTS IN SUZUKI CROSS-COUPLING REACTION

Keywords: Suzuki cross-coupling, palladium, hypercrosslinked polystyrene, magnetically separable catalyst, palladium

This paper presents the results of testing a Pd-containing magnetically separable catalyst based on hypercrosslinked polystyrene (HPS) MN270 in the cross-coupling reaction of 4-bromoanisole and phenylboronic acid in the presence of NaOH as a base. It was found that the activity of the Pd-Fe3O4/HPS catalyst is higher compared to the Pd/HPS sample.

А.И. Сидоров, М.Е. Григорьев, А.В. Быков, И.Ю. Тямина, Б.Б. Тихонов, В.Ю. Долуда, Э.М. Сульман

КИНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦИНКОВЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ЖИДКОФАЗНОГО СИНТЕЗА МЕТАНОЛА

Ключевые слова: метанол, жидкофазный процесс, кинетика, оксид цинка, медь, сверхсшитый полистирол.

В статье приводятся данные по синтезу и кинетическим исследованиям катализаторов жидкофазного синтеза метанола. Методом пропитки были получены катализаторы с различным содержанием ZnO и Cu, нанесённые на гранулы сверхсшитого полистирола (HPS) марки MN-100. Показано, что наибольшей активностью обладает катализатор ZnO(3%)/MN-100.

A.I. Sidorov, M.E. Grigoriev, A.V. Bykov, I.Yu. Tyamina, B.B. Tikhonov, V.Yu. Doluda, E.M. Sulman

KINETIC RESEARCHES OF ZINC CATALYSTS OF METHANOL LIQUID PHASE SYNTHESIS

Keywords: methanol, liquid phase process, kinetics, zinc oxide, copper, supercrosslinked polystyrene.

The article presents data on the synthesis and kinetic studies of catalysts for liquid-phase methanol synthesis. The impregnation method was used to obtain catalysts with different content of ZnO and Cu, deposited on over-crosslinked polystyrene (HPS) granules of mark MN-100. It is shown that the catalyst ZnO (3%) / MN-100 has the highest activity.

Е.А. Смирнова

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА РАСТВОРОВ НА СКОРОСТЬ ТРАВЛЕНИЯ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

Ключевые слова: химическое травление, нержавеющие стали, травильные растворы, вязкость, добавки, хлорид железа.

В работе представлены результаты изучения влияния добавок к травильным растворам хлорида железа на вязкость растворов, скорость травления и качество обработки поверхности нержавеющих сталей при различных температурах.

E.A. Smirnova

THE INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF THE SOLUTIONS ON THE SPEED OF ETCHING OF STAINLESS STEELS

Keywords: chemical etching, stainless steel, etching solutions, viscosity, additives, iron chloride.

The paper presents the results of studying the effect of additives to etching solutions of iron chloride on the viscosity of solutions, etching speed and surface treatment quality of stainless steels at different temperatures.

Б.Б. Тихонов, П.Ю. Стадольникова, А.И. Сидоров, Э.М. Сульман

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НА БИОКАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗЫ ХРЕНА

Ключевые слова: оксидоредуктазы, пероксидаза хрена, извлечение, очистка, активность.

В статье проведено экспериментальное сравнение пероксидазной активности экстрактов, извлеченных из корня Armoracia rusticana с помощью фосфатного буферного раствора, хлорида кальция и ультразвукового воздействия. Выявлено, что ультразвук не оказывает серьезного влияния на эффективность извлечения пероксидазы, при этом оптимальным экстрагентом является раствор хлорида кальция.

B.B. Tikhonov, P.Yu. Stadolnikova, A.I. Sidorov, E.M. Sulman

INFLUENCE OF EXTRACTIONS METHODS ON BIOCATALYTIC ACTIVITY OF HORSERADISH PEROXIDASE

Keywords: oxidoreductases, horseradish peroxidase, extraction, purification, activity

In article experimental comparison comparison of peroxidase activity of the extracts purified from the root of Armoracia rusticana by phosphatic buffer solution and calcium chloride solutions and ultrasonic influence is carried out. It is revealed that ultrasound does not make serious influence on efficiency of extraction of peroxidase, at the same time an optimum extragent is calcium chloride solution.

Н.П. Шабельская, Д.А. Виростков, А.В. Лешкевич, А.В. Скориков, А.А. Нестеров

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ $NiO – CoO – Fe_2O_3$

Ключевые слова: феррит никеля (II), феррит кобальта (II), шпинель, оксиды кобальта, никеля, железа (III).

В работе основе изучения процессов фазообразования в

N.P. Shabelskaya, D.A. Virostkov, A.V. Leshkevich, A.V. Skorikov, A.A. Nesterov

THE STUDY OF THE PROCESSES OF PHASE FORMATION IN THE SYSTEM NiO – CoO – Fe2O3

Keywords: ferrite of nickel (II), ferrite of cobalt (II), spinel, oxides of cobalt, nickel, iron (III).

Based on the study of phase formation processes in the complex

сложной оксидной системе NiO – CoO – Fe_2O_3 показано, что при переходе от феррита кобальта к ферриту никеля наблюдается повышение степени кристалличности формирующихся шпинелей. Это может быть связано с увеличением значений энергии кристаллической решетки и формировании более прочного соединения. Полученные результаты могут быть использованы для выбора технологических условий формирования ферритов переходных элементов.

oxide system NiO – CoO – Fe_2O_3, it is shown that the transition from cobalt ferrite to Nickel ferrite leads to an increase in the degree of crystallinity of the forming spinels. This may be due to an increase in the energy values of the crystal lattice and the formation of a stronger compound. The obtained results can be used to select the technological conditions for the formation of ferrites of transition elements.

А.Б. Шеин, В.В. Пантелеева
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ТИАЗОЛА И ТИАДИАЗОЛА В КАЧЕСТВЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ В СОЛЯНОЙ КИСЛОТЕ

Ключевые слова: тиазол, тиадиазол, ингибитор, защитное действие, импеданс.

В работе представлены результаты изучения ряда производных тиазола и тиадиазола в качестве ингибиторов коррозии малоуглеродистой стали в растворе 10% HCl. Методом импедансной спектроскопии определены степени заполнения поверхности металла в зависимости от концентрации ингибиторов, показано, что адсорбция подчиняется изотерме Ленгмюра. Предложены эквивалентные электрические схемы, описывающие поведение стального электрода в ингибированном растворе.

A.B. Shein, V.V. Panteleeva
STUDY OF THIAZOLE AND THIADIAZOLE DERIVATIVES AS CORROSION INHIBITORS FOR LOW-CARBON STEEL IN HYDROCHLORIC ACID SOLUTIONS

Keywords: thiazole, thiadiazole, inhibitor, protective effect, impedance.

This paper presents the results of a study of a series of thiazole and thiadiazole derivatives as inhibitors of corrosion of mild steel in a solution of 10% HCl. By the method of impedance spectroscopy, the surface coverage of the metal is determined depending on the concentration of inhibitors; it is shown that adsorption obeys the Langmuir isotherm. Equivalent electrical circuits are proposed that describe the behavior of the steel electrode in the inhibited solution.

В.П. Друзьянова, А.В. Спиридонова, М.Я. Рожина,
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Ключевые слова: биогазовая технология, синтез, концентрация субстрата, газ, перемешивание, анаэробный процесс.

Бесконтрольное использование сельскохозяйственных отходов становится весьма опасным для окружающей среды и здоровья людей. В связи с этим значительно обостряется проблема выращивания и производства экологически чистой растениеводческой и животноводческой продукции. Обеспечение экологической безопасности в сельскохозяйственном производстве во многом зависит не только от внедрения природосообразных систем ведения земледелия, но и от внедрения малоотходных ресурсосберегающих технологических процессов.

V.P. Druzyanova, A.V. Spiridonova, M.Ya. Rozhina
TECHNOLOGY FOR RECYCLING OF MANURE FOR BIOGAS PRODUCTION IN CONDITIONS OF YAKUTIA

Keywords: synthesis, substrate concentration, gas, mixing, anaerobic process, design feature.

This article describes the synthesis of a model of the process of microbial anaerobic synthesis in the equipment of a new design feature for use in the far North. This method allows you to adjust the degree of biogas yield and take into account its amount.

М.Я. Рожина, А.В. Спиридонова, В.П. Друзьянова
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Ключевые слова: оборудование, микробный синтез, микробная клетка, производство, перенос кислорода.

Эффективное выращивание белково-витаминного концентрата, переработку полевых отходов и экологическую чистоту производства во многом определяет основной аппарат-ферментатор. В то же время технико-экономические показатели и экологическая безопасность действующих ферментаторов не отвечают современным требованиям. Поэтому создание нового эффективного оборудования является актуальной проблемой.

M.Ya. Rozhina, A.V. Spiridonova, V.P. Druzyanova
THE EQUIPMENT FOR PROCESSING OF SECONDARY RAW MATERIALS

Keywords: equipment, microbial synthesis, microbial cell, production, oxygen transfer.

Effective cultivation of protein-vitamin concentrate, processing of field waste and ecological purity of production largely determines the main apparatus-the fermenter. At the same time, technical and economic indicators and environmental safety of existing fermenters do not meet modern requirements. Therefore, the creation of new efficient equipment is an urgent problem.

М.Н. Сидоров, Н.А. Стручков, М.М. Ершова
ПРОФИЛАКТИКА ЗАБОЛЕВАНИИ ЖИВОТНЫХ ПУТЁМ ВСКАРМЛИВАНИЯ БЕЛКОВО-ВИТАМИННЫМ КОНЦЕНТРАТОМ

Ключевые слова: кормовой белок, ветеринарные мероприятия, физиологические процессы, микробиологический синтез.

Одним из ресурсов является производство кормового белка с помощью микробиологического синтеза. Восстановление нарушенных физиологических процессов осуществляется комплексом зоотехнических и ветеринарных мероприятий, в котором большое место занимает рациональное использование лекарственных веществ. На данный момент есть возможность борьбы с заболеваниями животных помимо использования лекарственных средств путём добавления в рацион сельскохозяйственным животным кормового белка, обладающего фармакологическими свойствами [4,5].

M.N. Sidorov, N.A. Strushkov, M.M. Ershova
PREVENTION OF THE DISEASE IN ANIMALS BY FEEDING PROTEIN-VITAMIN CONCENTRATE

Keywords: feed protein, veterinary measures, physiological processes, microbiological synthesis.

One of the resources is the production of feed protein using microbiological synthesis. Restoration of disturbed physiological processes is carried out by a complex of zootechnical and veterinary measures, in which a large place is occupied by the rational use of drugs. At the moment, it is possible to combat animal diseases in addition to the use of drugs by adding to the diet of farm animals feed protein with pharmacological properties.

С.Н. Антропов, А.П. Буйносов

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА ЭП2К

Ключевые слова: электровоз, пассажирский, постоянный ток, состояние, техника, анализ.

На основе собранной авторами статистической информации об отказах улов и деталей выполнен анализ технического состояния пассажирских электровозов постоянного тока ЭП2К. Определены причины динамики уменьшения коэффициента технической готовности и увеличения количества отказов. Выявлены наиболее уязвимые узлы и детали электровоза.

S.N. Antropov, A.P. Buinosov

ANALYSIS OF TECHNICAL CONDITION OF PASSENGER ELECTRIC LOCOMOTIVES OF DIRECT CURRENT OF EP2K

Keywords: electric locomotive, passenger, direct current, state, equipment, analysis.

On the basis of the statistical information on refusals collected by authors a catch and parts the analysis of technical condition of passenger electric locomotives of direct current of EP2K is made. The reasons of dynamics of reduction of coefficient of technical readiness and increase in number of refusals are defined. The most vulnerable nodes and parts of an electric locomotive are revealed.

А.Н. Блазнов, Д.Е. Зимин, Е.Э. Анисимов, А.В. Синицин, М.Е. Журковский

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОМПОЗИТОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НАГРУЗКИ И ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ

Ключевые слова: композитные материалы, влажность, долговечность, продольный изгиб.

В работе приведены результаты исследований долговечности образцов композитных материалов под действием нагрузки и повышенной влажности. Контроль диффузии влаги в образцы производили на образцах-спутниках, находящихся в эксикаторе в ненагруженном состоянии. В течение 130 суток сорбция влаги не превышает 0,2 %. Малое количество поглощенной влаги не оказывает влияния на долговечность композитов.

A.N. Blaznov, D.E. Zimin, E.E. Anisimov, A.V. Sinitsin, M.E. Zhurkovsky

STUDY OF DURABILITY OF COMPOSITES UNDER LOAD AND HUMIDITY

Keywords: composite materials, humidity, durability, longitudinal bending.

The paper presents the results of studies of durability of samples of composite materials under load and high humidity. The control of moisture diffusion into the samples was performed on satellite samples that were in the desiccator in the unloaded state. For 130 days, the moisture sorption less than 0.2 %. A small amount of absorbed moisture does not affect the durability of composites.

И.Н. Бояршинова, М.Р. Бекмансуров

ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ РАМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ключевые слова: оптимальное проектирование, топологическая оптимизация, параметрическая оптимизация, рамная конструкция.

Предлагается методика оптимального проектирования рамных конструкций наименьшего веса, сочетающая два различных подхода к оптимизации: топологический и параметрический. На основании результатов топологической оптимизации строится рамная конструкция для дальнейшей параметрической оптимизации с целью снижения веса при ограничениях на прочность. Применение методики дает существенную экономию затрат на проектирование.

I.N. Boyarshinova, M.R. Bekmansurov

OPTIMAL DESIGN OF FRAME STRUCTURE ELEMENTS

Keywords: optimal design, topologic optimization, parametric optimization, frame structure.

In this paper a technique for optimal design of frame structures of the least weight is proposed, which combines two different approaches: topologic optimization and parametric optimization. Based on topologic optimization results, an initial frame structure is assembled. Following that, a parametric optimization of the frame structure is performed in order to reduce its weight given durability constraints. Application of the proposed technique results in a reduction in weight of the structure while saving on design costs.

И.Н. Бояршинова, М.С. Ильиных

ДВУХЭТАПНАЯ МЕТОДИКА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ВЕСА

Ключевые слова: оптимальное проектирование, минимизация веса, топологическая оптимизация, параметрическая оптимизация.

Сегодня оптимальное проектирование конструкций является одной из приоритетных задач при разработке и производстве новейших конкурентоспособных изделий. В работе предлагается комбинированная методика, сочетающая топологическую и параметрическую оптимизации. Методика реализована на примере задачи оптимального проектирования детали с целью снижения веса. Решение проводилось при помощи пакетов Solidthinking inspire, ANSYS и специально разработанной программы, реализующей метод Нелдера-Мида.

I.N. Boyarshinova, M.S. Ilinih

TWO-STAGE METHOD OF OPTIMAL DESIGN DETAILS WITH THE PURPOSE OF WEIGHT REDUCE

Keywords: optimal design, weight reduce, topologic optimization, parametric optimization.

Today, the optimal design of structures is one of the priorities in the design and manufacture of the latest competitive products. The paper proposes a combined methodology combining topologic and parametric optimization. The technique is implemented on the example of the problem of optimal design of a part for the purpose of weight reduction is considered, the solution was carried out using the packages Solidthinking inspire, ANSYS and specially developed program implementing the method of Nelder-Meade.

А.П. Буйносов, В.С. Наговицын, С.Л. Марулин

МЕТОДОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА, ДИАГНОСТИРОВАНИЯ, ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Ключевые слова: подвижной состав, диагностика, обслуживание, ремонт, система, мониторинг, методология, развитие.

В статье рассмотрена методология развития систем мониторинга, технического диагностирования, обслуживания и

A.P. Buinosov, V.S. Nagovitsyn S.L. Marulin

THE METHODOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF SYSTEMS FOR MONITORING, DIAGNOSIS, MAINTENANCE AND REPAIR OF ROLLING STOCK

Keywords: rolling stock, diagnostics, maintenance, repair, system, monitoring, methodology, development.

The article deals with the methodology of development of monitoring systems, technical diagnostics, maintenance and repair of railway rolling stock, which is based on two

ремонта железнодорожного подвижного состава, которая базируется на двух условиях, определяющих его функционирование – обеспечение требуемого уровня надежности и сокращение затрат на поддержание безотказности.

conditions that determine its functioning-ensuring the required level of reliability and reducing the cost of maintaining reliability.

Л.В. Быков, О.А. Пашков

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕЧЕНИЯ В ОТРЫВНЫХ ЗОНАХ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Ключевые слова: летательный аппарат, сверхзвуковой поток, газовая динамика, математическое моделирование, уравнения Навье-Стокса.

В работе представлена методика моделирования течения в отрывных зонах, возникающих вблизи поверхности летательного аппарата. Математическая модель основана на решении дискретных аналогов уравнений газодинамики на нерегулярной расчётной сетке совместно с уравнениями переноса массы для каждого компонента смеси, дифференциальным уравнением теплопроводности твердого тела, уравнением лучистого теплообмена.

L.V. Bykov, O.A. Pashkov

MATHEMATICAL MODEL OF THE FLOW IN THE SEPARATION ZONES OF A HIGH-SPEED AIRCRAFT

Keywords: aircraft, supersonic flow, gas dynamics, mathematical modeling, Navier-Stokes equations.

The paper presents a technique for modeling the flow in the separation zones near the surface of the aircraft. The mathematical model is based on solving discrete analogues of the equations of gas dynamics on an irregular computational grid, together with the mass transfer equations for each component of the mixture, the heat equation for a solid, and the radiative heat transfer equation.

А.П. Волков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АКТИВНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ БИОСТОЙКИХ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ

Ключевые слова: активность, минеральная добавка, прочность, шлак, строительный материал, долговечность.

В работе приведены результаты исследований по определению активности минеральных добавок. Установлены зависимости изменения прочности композитов от основных структурообразующих факторов. Проведен регрессионный анализ и статистическая обработка результатов исследований.

A.P. Volkov

DETERMINATION OF THE ACTIVITY OF MINERAL ADDITIVES INTENDED FOR THE ESTABLISHMENT OF BIOLOGICAL STABILITY OF CEMENT COMPOSITES

Keywords: activity, mineral additive, strength, slag, building material, durability.

The paper presents the results of studies to determine the activity of mineral additives. The dependences of the change in the strength of composites on the main structure-forming factors are established. The regression analysis and statistical processing of the research results are carried out.

К.Г. Горгоц

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ МЕЖДУ САТЕЛЛИТАМИ В ПЛАНЕТАРНЫХ ПЕРЕДАЧАХ ТИПА 2К-Н С ФИКСИРОВАННЫМИ ЦЕНТРАЛЬНЫМИ ЗУБЧАТЫМИ КОЛЁСАМИ

Ключевые слова: планетарная передача, распределение нагрузки, сателлиты.

В работе представлены результаты экспериментального исследования влияния передаваемого крутящего момента, радиальной силы, действующей на выходной вал и углового положения сателлитов, относительно направления её действия на распределение нагрузки между сателлитами планетарной передачи типа 2К-Н бортового редуктора транспортно - технологической гусеничной машины.

K.G. Gorgots

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF LOAD DISTRIBUTION AMONG SATELLITES IN A PLANETARY GEAR TYPE 2K-N WITH A FIXED CENTRAL TOOTHED WHEELS

Keywords: planetary gear, load distribution, satellites.

The paper presents the results of an experimental study of the influence of the transmitted torque, radial force acting on the output shaft and the angular position of the satellites, with respect to the direction of its action on the load distribution between the satellites of the planetary gear type 2K-N of the onboard gearbox of the transport and technological tracked vehicle.

А.Г. Дранаева, Л.Я. Конощук, Я.В. Васильева, Е.И. Кондакова

РЕГУЛИРОВАНИЯЕ СТЕПЕНИ АЭРАЦИИ В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Ключевые слова: культуральная жидкость, концентрация субстрата, растворимость кислорода.

Рассмотрено обеспечение культур микроорганизмов кислородом в промышленных условиях за счет пропускания воздуха через культуральную жидкость с одновременным перемешиванием. Этот метод позволяет регулировать степень аэрации и учитывать ее количества,происходит обеспечение равномерного распределения кислорода в культуральную жидкости по всему объему ферментатора.

A.G. Dranaeva, L.Y. Konoshuke, Y.V. Vasilieva, E.I. Kondakova

REGULIROVANIE THE DEGREE OF AERATION IN A NUTRIENT MEDIUM

Keywords: culture liquid, substrate concentration, oxygen solubility.

The provision of cultures of microorganisms with oxygen in industrial conditions by passing air through the culture liquid with simultaneous mixing is considered. This method allows you to adjust the degree of aeration and take into account its amount,there is a uniform distribution of oxygen in the culture fluid throughout the volume of the fermenter.

О.В. Исламова, А.З. Токов

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НОЖА ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ МЯСНОГО СЫРЬЯ В СИСТЕМЕ SOLIDWORKS

Ключевые слова: нож, решетка, моделирование, угол заточки, напряжение, энергоэффективность.

В статье приведены результаты компьютерного

O.V. Islamova, A.Z. Tokov

MODELING OF THE STRESSED-DEFORMED CONDITION OF THE KNIFE OF THE MEASURING GRINDER OF MEAT RAW MATERIALS IN THE SOLIDWORKS SYSTEM

Keywords: knife, lattice, modeling, angle of sharpening, tension, energy efficiency.

моделирования напряженно-деформированного состояния ножа измельчителя мясного сырья. Разработаны трехмерные модели подвижных крестообразных ножей с различным углом заточки и определены напряжения в системе пространственного моделирования SolidWorks. Определены зависимости напряжений на кромке ножа и перемещений ножа от угла заострения.

The article presents the results of computer simulation of the stress-strain state of the knife of the chopper of raw meat. Developed three-dimensional models of movable cruciform knives with different angle sharpening and determined the voltage in the system of spatial modeling SolidWorks. The dependences of the stresses on the edge of the knife and the movements of the knife on the taper angle are determined.

А.К. Корякин, Д.М. Ноев, Ч.Г. Машиев, С.В. Степанова, К.К. Горохов, Т.П. Горохова

РЕЗЕРВНАЯ МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Ключевые слова: электроснабжение, электроэнергия, техническое развитие, универсальность, комфортность жизни населения.

Базовые расчеты проводятся для отладки и проверки на практическую реализацию предложенного метода технико-экономического сравнения вариантов, исследования структурных и функциональных зависимостей показателей сравниваемых показателей вариантов электроснабжения. В процессе расчета определяются основные факторы на критериальные величины, а также основные технико-экономические показатели вариантов.

A.K. Koryakin, D.M. Noev, Sh.G. Mashiev, S.V. Stepanova, K.K. Gorokhov, T.P. Gorokhova

THE RESERVE CAPACITY OF THE POWER PLANT

Keywords: power supply, electric power, technical development, universality, comfort of life of the population.

Basic calculations are carried out for debugging and testing for practical implementation of the proposed method of technical and economic comparison of options, study of structural and functional dependencies of indicators of compared indicators of power supply options. In the calculation process, the main factors for the criterion values, as well as the main technical and economic indicators of the options are determined.

М.А. Кузнецов, М.А. Крампит, Д.П. Ильященко, А.Г. Крампит, Н.В. Павлов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА ЭЛЕКТРОДУГОВОГО ПОСЛОЙНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

Ключевые слова: *электродуговое послойное выращивание, оптимальные режимы.*

В работе представлены результаты влияния режимов электродугового послойного выращивания на геометрические параметры выращенного валика, показаны результаты определения оптимальных режимов электродугового послойного выращивания.

M.A. Kuznetsov, M.A. Krampit, D.P. Il'yaschenko, A.G. Krampit, N.V. Pavlov

DETERMINATION OF OPTIMAL MODES OF ELECTRIC ARC LAYER GROWING

Keywords: electric arc layer-by-layer cultivation, optimal modes.

The paper presents the results of the influence of the electric arc layer-growing regimes on the geometric parameters of the grown roller, the results of determining the optimal electric arc layer-by-layer growth modes.

Н.К. Лотова, Т.М. Пудова, Т.А. Петрова, В.В. Черкашин, А.П. Хамаров

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Ключевые слова: инновации, учебный процесс, электронные средства хранения, вычислительная техника.

Создание электронной информационно-образовательной среды вуза обусловлена современными изменениями в экономической и социальной жизни общества, стремительным развитием информационных технологий, изменением рынка труда. В наше время незначительная степень культуры речи считается условием, негативно оказывающим большое влияние на конкурентоспособность профессионалов аграрной области. Цель нашего исследования – актуализация общего состояния языковой подготовки первокурсников сельскохозяйственного высшего учебного заведения и установление требования для формирования языковой и речевой грамотности, где будут пересмотрены компоненты используемых технологий.

N.K. Lotova, T.M. Pudova, T.A. Petrova, V.V. Cherkashin, A.P. Hamarov

THE USE OF ELECTRONIC EDUCATIONAL RESOURCES IN EDUCATIONAL PROCESS

Keywords: innovation, educational process, electronic storage, computer technology.

The creation of electronic information and educational environment of the University is due to modern changes in the economic and social life of society, the rapid development of information technology, changes in the labor market. In our time, a minor degree of speech culture is considered to be a condition that negatively has a strong influence on the competitiveness of the professionals of the agricultural region. The purpose of our study is to update the General state of language training of first – year students of agricultural higher education institution and to establish the requirements for the formation of language and speech literacy, where the components of the technologies used will be revised.

М.И. Петрова, Н.К. Гаврильева, М.И. Черкашина, Е.Э. Алексеев, А-С. Г. Егоров, А.Д. Попов

РАСЧЁТ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА ВНЕДРЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Ключевые слова: капитальные вложения, экономическая эффективность, расчет, затраты, капитальные затраты, затраты на содержание.

Капитальные вложения новой техники в общем виде определяется как соотношение между затратами и результатами, как итоговый показатель качества экономического развития отрасли, предприятия. Капитальные вложения есть одно из условий научно-технического прогресса и средства для его осуществления и вместе с тем роста производительности труда.

M.I. Petrova, N.K. Gavrilieva, M.I. Cherkashina, E.E. Alekseev, A- S.G. Egorov, A.D. Popov

THE CALCULATION OF THE CAPITAL COSTS OF INTRODUCING THE EQUIPMENT

Keywords: capital investments, economic efficiency, calculation, costs, capital costs, maintenance costs.

Capital investments of new equipment in General is defined as the ratio between costs and results, as a final indicator of the quality of economic development of the industry, enterprise. Capital investment is one of the conditions of scientific and technological progress and the means for its implementation and at the same time productivity growth.

П.В. Писарев, А.Н. Аношкин, В.А. Ашихмин
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ МОДЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТНЫХ ОБРАЗЦОВ С ВНЕДРЕННЫМИ ПЬЕЗОАКТУАТОРАМИ

Ключевые слова: конструкция с управляемой геометрией,порлимерные композиционные материалы, пьезоактуаторы, метод конечных элементов, численное моделирование.

Настоящая работа посвящена расчетному исследованию напряженно-деформированного состояния (НДС) слоистых модельных образцов, выполненных из полимерных композиционных материалов (ПКМ). со встроенными пьезоактуаторами, при различных уровнях подаваемого управляющего электрического напряжения. Выявлены основные закономерности и механизмы управления геометрией (деформацией) слоистых ПКМ с помощью встроенных пьезоактуаторов.

P.V. Pisarev, A.N. Anoshkin, V.A. Ashikhmin
NUMERICAL SIMULATION OF MECHANICAL BEHAVIOR MODEL COMPOSITE SAMPLES WITH IMPROVED PIEZOACTUATORS

Keywords: variable geometry design, polymer composite materials, piezoactuators, finite element method, numerical simulation.

This paper is devoted to the computational study of the stress-strain state (SSS) of layered model specimens made of polymer composite materials (PCM). with embedded piezo actuators, at different levels of applied control voltage. The main regularities and mechanisms of geometry management (deformation) of layered PCM with the help of built-in piezo actuators are revealed.

А.Х. Тазмеев, Р.Н. Тазмеева, Б.Х. Тазмеев
КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ С ЖИДКИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Ключевые слова: газоразрядное устройство, плазмотрон, жидкий катод, электролит.

Рассматриваются конструктивные исполнения газоразрядных устройств с жидким электролитным катодом и металлическим анодом. Приводятся результаты экспериментальных испытаний разработанных газоразрядных устройств. Получены эмпирические формулы, связывающие базовые размеры конструктивных элементов электродных узлов с проектной мощностью газоразрядного устройства.

A.Kh. Tazmeev, R.N. Tazmeeva, B.Kh. Tazmeev
THE STRUCTURAL METHODS FOR IMPROVING GAS-DISCHARGE DEVICES WITH LIQUID ELECTRODES

Keywords: gas-discharge device, plasma generator, liquid cathode, electrolyte.

The structural versions of gas-discharge devices with a liquid electrolyte cathode and a metal anode are considered. The results of experimental tests of the developed gas-discharge devices are presented. Empirical formulas linking the basic dimensions of the structural elements of electrode assemblies with the estimated capacity of the gas-discharge device are obtained.

Е.П. Томашевская, В.П. Друзьянова
ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

Ключевые слова: конструкция, оборудование, микробный синтез, кормовой белок, вскармливание.

В данной статье описывается производство кормового белка с помощью микробиологического синтеза. Разработка технологии и оборудования для переработки отходов сельского хозяйства продуктом которой является кормовой белок, обладающий фармакологической ценностью. Микробный синтез осуществляется в ферментаторе новой конструкции.

E.P. Tomashevskaya, V.P. Druzyanova
THE TECHNOLOGY OF PROCESSING OF SECONDARY RAW MATERIALS IN THE NORTH

Keywords: construction, equipment, microbial synthesis, feed protein, feeding.

This article describes the production of feed protein using microbiological synthesis. Development of technology and equipment for processing agricultural waste product which is feed protein with pharmacological value. Microbial synthesis is carried out in the fermenter of the new design.

А.Р. Фардеев, Ф.Д. Байрамов, А.А. Фардеев, Б.Ф. Байрамов
ЧИСЛЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ОЦЕНКЕ РЕАКЦИИ ГИДРОСИСТЕМЫ МАНИПУЛЯТОРА НА ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТА МАНИПУЛИРОВАНИЯ

Ключевые слова: манипулятор, скорость движения, гидросистема, изменение давления, частота вращения, расход жидкости.

В статье проведен анализ работы манипулятора при изменении скорости движения объекта манипулирования по одной из переносных степеней подвижности. При этом происходит изменение давления в гидросистеме. Рассмотрена работа системы в переходном режиме, когда параметры трубопровода и насоса не совпадают. Преобразованы полученные ранее уравнения работы системы; вычислены коэффициенты в этих уравнениях; проведены численные эксперименты для оценки частоты вращения вала насоса и расхода жидкости при изменении давления по заданному закону.

A.R. Fardeyev, F.D. Bairamov, A.A. Fardeyev, B.F. Bairamov
NUMERICAL EXPERIMENTS ON THE ESTIMATION OF THE MANIPULATOR HYDRO-SYSTEM RESPONSE TO THE CHANGE OF THE RATE OF THE MANIPULATED OBJECT MOTION

Keywords: manipulator, speed, hydraulic system, pressure change, rotational speed, fluid flow.

The article analyzes the operation of the manipulator when changing the speed the manipulation object movement according to one of the portable degrees of mobility. When this happens, the pressure in the hydraulic system changes. The work of the system in a transitional mode is considered, when the parameters of the pipeline and the pump do not match. The previously obtained equations for the system operation are transformed; the coefficients in these equations are calculated; numerical experiments were carried out to estimate the pump shaft rotational speed and the fluid flow when the pressure changes according to a given law.

Н.Н. Беспалов, А.В. Зорькин, П.М. Дёмкин
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОХОЖДЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ ЧЕРЕЗ ДЛИННУЮ ЛИНИЮ НА ОСНОВЕ ВИТОЙ ПАРЫ, ФОРМИРУЕМЫХ ИМПУЛЬСНЫМ ИСТОЧНИКОМ ТОКА

Ключевые слова: источник тока, источник напряжения, длинная линия, витая пара, активная нагрузка, управляющий импульс, Multisim.

N.N. Bespalov, A.V. Zorkin, P.M. Dyomkin
INVESTIGATION OF PASSING CONTROL IMPULSES FORMED BY A CURRENT SOURSE THROUGH THE LONG LINE BASED ON TWISTED PAIR

Keywords: current source, voltage source, long line, twisted pair, resistive load, control pulse, Multisim.

The article presents the results of a study of the passage of control electric pulses of a quasi-rectangular shape from an

В статье приведены результаты исследования прохождения управляющих электрических импульсов квазипрямоугольной формы от выходного генератора через длинную линию на основе витой пары на активную нагрузку. Генератор управляющих импульсов был выполнен на основе источника тока. Исследования проведены в программной среде Multisim. Приведено сравнение некоторых параметров форм импульсов в активной нагрузке при применении в качестве выходных импульсных генераторов на основе источников тока и напряжения. Сделан вывод о преимуществе применения выходных генераторов на основе источника тока.

output generator through a long line based on a twisted pair to a resistive load. The control pulse generator was made on the basis of a current source. Studies conducted in the software environment Multisim. A comparison is made of some parameters of the pulse forms in the active load when used as output pulse generators based on current and voltage sources. The conclusion is made about the advantage of using output generators based on a current source.

Г.Н. Гусев, А.В. Маккавеев

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЙ ПЛАВАТЕЛЬНОГО БАССЕЙНА

Ключевые слова: оценка напряженно-деформированного состояния сооружения, математическая модель, деформационный мониторинг.

В работе рассмотрен пример определения напряженно-деформированного состояния несущей конструкции здания спортивного комплекса. Сложность этой задачи заключается в отсутствии единой непротиворечивой документации и сложной историей строительства. Оценка действительного напряженно-деформированного состояния, а также проверка корректности построенных в рамках работы моделей, является предметом поиска данной работы.

G.N. Gusev, A.V. Makkaveyev

EXPERIENCE IN DESIGNING AND IMPLEMENTING A SYSTEM FOR MONITORING THE STRESS-STRAIN STATE OF LARGE-SPAN STEEL STRUCTURES OF SWIMMING POOL COATINGS

Keywords: assessment of the stress-strain state of a structure, mathematical model, deformation monitoring.

The paper considers an example of determining the stress-strain state of the supporting structure of a building of a sports complex. The difficulty of this task lies in the absence of a single consistent documentation and a complex construction history. Evaluation of the actual stress-strain state, as well as verification of the correctness of the models built as part of the work, is the subject of a search for this work.

В.В. Корепанов

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СО ВСТРОЕННЫМ ОПТИЧЕСКИМ ВОЛОКНОМ

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, оптические волокна, численное моделирование, смоляной карман.

Проведены расчеты по оценке максимальной концентрации напряжений для моделей слоистых полимерных композиционных материалов (ПКМ) для случая растяжения 20-и слойной пластины из однонаправленных композитных волокон вдоль встраиваемого оптического волокна. Рассмотрены варианты укладки оптоволокна между слоями ПКМ с различной ориентацией композитных волокон. Рассмотрены модели ПКМ с учетом смоляного кармана, а также с учетом и без учета клеевых прослоек.

V.V. Korepanov

NUMERICAL SIMULATION OF THE MECHANICAL BEHAVIOR OF MULTILAYER POLYMER COMPOSITE MATERIALS WITH INTEGRATED OPTICAL FIBER

Keywords: polymer composite materials, optical fibers, numerical simulation, resin pocket.

Numerical calculations were carried out to estimate the maximum stress concentration for models of layered polymer composite materials (PCM) for the case of tension the 20-layers plate of unidirectional composite fibers along the embedded optical fiber. The options for packing fiber between PCM layers with different orientations of composite fibers are considered. The models of PCM are considered with regard to the resin pocket, as well as taking into account and without taking into account the adhesive interlayers.

К.В. Собянин, И.Н. Шардаков

ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ЦЕНТРА МАСС, В СИСТЕМАХ ПАССИВНОЙ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ

Ключевые слова: центр упругости, центр крена, оптимальное расположение центра масс, угловые колебания, связанные колебания, пассивная виброизоляция, твердотельная модель, система с нулевой горизонтальной жесткостью, пространственная модель.

Рассмотрена проблема связанных колебаний в системах пассивной виброизоляции. При наличии связанных форм в системе пассивной виброизоляции поступательные возбуждения провоцируют повороты защищаемого объекта. С целью снижения амплитуд угловых механических колебаний системы пассивной виброизоляции, предложено располагать центр масс защищаемого объекта в некоторой оптимальной точке. Разработана методика для определения оптимальной точки расположения центра масс. Расположение центра масс в оптимальной точке обеспечивает минимальные амплитуды угловых колебаний при произвольных поступательных возбуждениях.

K.V. Sobyanin, I.N. Shardakov

OPTIMAL LOCATION OF THE CENTER OF MASS IN PASSIVE VIBRATION ISOLATION SYSTEMS

Keywords: center of elasticity, roll center, optimal location of the center of mass, angular oscillations, coupled oscillations, passive damping, rigid body dynamics, system with zero horizontal stiffness, 6-DOF

This article deals with the problem of coupled vibrations in a passive vibration isolation system. Translational excitations cause the turns of the protected object if there are associated forms in the passive vibration isolation system. It is proposed to place the center of mass of the protected object at some optimal point of the vibration isolation system in order to reduce the amplitudes of the angular mechanical oscillations. A method for determining the optimal point of the center of mass is proposed. The location of the center of mass at the optimal point gives the minimum amplitudes of angular oscillations for arbitrary translational excitations.

А.А. Талипов, К.С. Мельник

РЕЖИМЫ ГЕНЕРАЦИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭФФЕКТОВ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ В МИКРОСТРУКТУРИРОВАННОМ ВОЛОКНЕ SC-5.0-1040

Ключевые слова: Фазовая самомодуляция, рамановское рассеяние, солитоны, спонтанное четырехволновое смешение, микроструктурированное волокно.

При поиске фотонных пар необходимо исследование спектров, генерируемых в микроструктурированном волокне нелинейных процессов, в том числе для различения эффекта четырехволнового смешения, в результате которого рождаются сигнальный и холостой фотоны. В статье показана генерация некоторых нелинейных эффектов лазерными импульсами в фотонно-кристаллическом волокне SC-5.0-1040.

A.A. Talipov, K.S. Melnik

GENERATION MODES OF NONLINEAR EFFECTS BY LASER PULSES IN MICROSTRUCTURED FIBER SC-5.0-1040

Keywords: phase self-modulation, Raman scattering, solitons, spontaneous fourwave mixing, microstructured fiber.

In searching of photon pairs it is necessary to research the spectra of nonlinear processes generated in a microstructured fiber, including to differing the four-wave mixing effect, where signal and idler photons are produced. In the paper the generation of nonlinear processes by laser pulses in a photonic crystal fiber SC-5.0-1040 are shown.

А.Г. Шляхова, А.Т. Шляхов, Х.С. Биктимирова, М.Р. Магдеева

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАТЕНТА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ № 2561335

Ключевые слова: термический анализ веществ (ТА), дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК), анизотропный термоэлемент, микровключения, чувствительность, дифференциальный микрокалориметр, фазовый переход, плавление, кристаллизация, патент.

Разработан термический анализ (ТА), основанный на авторской дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК), сочетающей высокую чувствительность порог обнаруживаемой мощности 10^{-7}Вт с уникальным быстродействием 10^{-2}с. В качестве теплового сенсора применена батарея из анизотропных термоэлементов (АТЭ) из висмута. При термическом анализе арсенида галлия m=1мг, приготовленного в виде порошка, дисперсность которого 0,1мг, зарегистрированы отклики при кристаллизации микровключений галлия на уровне 0,15мкВт, что соответствует абсолютной и относительной чувствительности на уровне 10^{-10}г и 10^{-5}%, соответственно. Получен патент на изобретение.

A.G. Shlyakhova, A.T. Shlyakhov, Kh.S. Biktimirova, M.R. Magdeeva

TECHNICAL-ECONOMIC STUDY OF THE PATENT FOR INVENTION №2561335 (RU)

Keywords: thermal substance analysis (TA), differential – scanning calorimetry (DSC), anisotropic thermoelements (ATE), microinclusions, sensivitiy, differential microcalorimeter, phase transition, melting, crystallization, patent.

There has been developed a thermical analysis (TA) based on deferentially – scanning calorimentry (DSC) combining high sensitivity of power detection threshold of 10^{-7}W with unique response speed 10^{-2}s. In the capacity of thermal sensors a battery from anisotropic thermal elements (ATE) of bismuth is used. While thermal analysis of gallium arsenide m=1mg, prepared in powered form the dispersivity of which is 0,1mg there recorded feedbacks during solidification of gallium microinclusion on the level of 0,15 μW that is corresponding to absolute and relative sensitivity on the level of 10^{-10}g and 10^{-5}% consequently. Received a patent for the invention.

А.Н. Афонин, Р.Г. Асадуллаев, М.А. Ситникова

АНАЛИЗ ДАННЫХ fNIRS-ТОМОГРАФА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОТЕЗАМИ КОНЕЧНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕРФЕЙСА МОЗГ-КОМПЬЮТЕР

Ключевые слова: анализ многомерных данных, бионические протезы, fNIRS-томография, интерфейс мозг-компьютер, нейротехнологии.

В работе представлены результаты исследования мозговой активности при движениях кистей рук с помощью fNIRS-томографии. Разработаны средства анализа и визуализации данных fNIRS-томографии. Подтверждена возможность выявления данным методом паттернов движений. Показана перспективность применения fNIRS-томографии для создания интерфейсов мозг-компьютер при управлении бионическими протезами конечностей.

A.N. Afonin, R.G. Asadullaev, M.A. Sitnikova

ANALYSIS OF DATA OF FNIRS-TOMOGRAPH FOR MANAGEMENT OF LIMB-PROTOSES BY MEANS OF BRAIN-COMPUTER INTERFACE

Keywords: analysis of multidimensional data, bionic prostheses, fNIRS tomography, brain-computer interface, neurotechnology.

The paper presents the results of a study of brain activity during hand movements using fNIRS tomography. Tools for analyzing and visualizing data from fNIRS have been developed. The possibility of detecting patterns of movements by this method is confirmed. The promise of using fNIRS to create brain-computer interfaces while managing bionic limb prostheses is shown.

Р.Г. Асадуллаев, В.В. Ломакин, Е.В. Ильинская, Т.А. Лысакова, О.С. Резниченко

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛА КОМПЛЕКСА СРЕДСТВ ВЫСОКОУРОВНЕВОЙ РАЗРАБОТКИ

Ключевые слова: ERP-система, требования к функционалу программного обеспечения, теоретико-множественное представление корпоративных систем, функциональные блоки комплексов программ.

В работе представлены результаты систематизации предъявляемых требований и функциональных возможностей разрабатываемого комплекса средств высокоуровневой разработки программ класса ERP. Формализованы компоненты и блоки функций комплекса в теоретико-множественной форме, на базе которой возможно построение бинарных отношений для мониторинга процесса разработки системы и управления проектом в целом.

R.G. Asadullaev, V.V. Lomakin, E.V. Ilinskay, T.A. Lysakova, O.S. Reznichenko

SYSTEMATIZATION OF THE FUNCTIONAL OF THE COMPLEX OF MEANS OF HIGH-LEVEL DEVELOPMENT

Keywords: ERP system, integrated development environment, set-theoretic topology, information system, program units.

The paper presents the results of systematization of requirements and functionality of the integrated development environment for designing of ERP systems. The components and blocks of functions of integrated development environment are formalized in the set-theoretic topology. An option permits to create a binary relation for monitoring of system design process and project management.

Т.И. Афанасьева, Т.А. Парникова, В.П. Друзьянова, И.И. Слепцов, В.В. Черкашин

ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ВУЗА

Ключевые слова: информационная среда, электронные средства хранения, образовательные технологии.

В данной работе исследованы особенностей информационно-образовательной среды с точки зрения применения современных ИТ-решений. Предметом исследования выступают теоретические концепции и практические подходы к формированию и развитию информационно-образовательной среды.

T.I. Afanaseva, T.A. Parnikova, V.P. Druzyanova, I.I. Sleptsov, V.V. Cherkashin

ELECTRONIC INFORMATION EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF A REGIONAL UNIVERSITY

Keywords: information environment, electronic storage facilities, educational technologies.

In this paper, the features of the information and educational environment in terms of the use of modern it solutions. The subject of the study are the theoretical concepts and practical approaches to the formation and development of information and educational environment.

И.Р. Бадертдинов, И.Л. Кузнецов, Л.С. Сабитов

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ТРЕХГРАННЫХ РЕШЕТЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ключевые слова: башни сотовой связи, трехгранная решетчатая конструкция, ветрогенераторные установки, усилия в трехгранных решетчатых конструкциях.

В данной статье рассматривается напряженно-деформированное состояние (НДС), а также технико-экономическое сравнение предлагаемых трехгранных опор сотовой связи со существующими четырехгранными. Сравнения проводились по показателям металлоемкости, усилиям в стержнях и стоимости изготовления. По результатам сравнения видно об их эффективности и меньшей стоимости.

I.R. Badretdinov, I.L. Kuznetsov, L.S. Sabitov

STRESS-STRAIN STATE OF A TRIANGULAR LATTICE STRUCTURES

Keywords: cell phone towers, triangular latticework, wind generator installations, efforts in the triangular lattice structures.

This article discusses the stress-strain state (SSS), as well as technical and economic comparison of the proposed trihedral supports of cellular communication with the existing tetrahedral. Comparisons were made in terms of metal content, efforts in the rods and the cost of production. The results of the comparison show their efficiency and lower cost.

А.С. Бондарчук, В.Г. Зарубский

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ И ОБОРОНЫ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНОЙ КАТЕГОРИИ

Ключевые слова: интегрированные системы безопасности, инженерно-технические средства охраны, система охраны и обороны, датчик обнаружения, силы реагирования, нарушитель.

Рассматриваются возможные пути алгоритмизации процесса выбора рациональной структуры и параметров системы охраны и обороны объектов различной категории. Предложены варианты расчета эффективности интегрированных систем безопасности являющихся автоматизированной системой управления безопасностью объектов различных категорий, на основе параметров получаемых из математических моделей этапов решения данной задачи.

A.S. Bondarhcuk, V.G. Zarubskiy

THE ALGORITHM FOR SOLVING THE PROBLEM OF SUBSTANTIATION OF RATIONAL STRUCTURE AND PARAMETERS OF THE SYSTEM OF PROTECTION AND DEFENSE OF OBJECTS OF DIFFERENT CATEGORIES

Keywords: integrated security systems, engineering and technical means of protection, security and defense system, detection sensor, response force, intruder.

Possible ways of algorithmization of the process of choosing the rational structure and parameters of the system of protection and defense of objects of different categories are considered. Variants of calculation of efficiency of the integrated security systems which are the automated control system of safety of objects of various categories, on the basis of parameters of the stages of the solution of this problem received from mathematical models are offered.

Я.В. Васильева, О.И. Захарова, Г.Г. Дармаева, В.П. Друзьянова

ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ МЕТОДОМ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ

Ключевые слова: синтез, концентрация субстрата, растворимость газа, перемешивание, растворимость кислорода.

В данной статье описывается синтез модели процесса культивирования. Этот метод позволяет регулировать степень аэрации и учитывать ее количество. Способствует удалению от клеток микроорганизма продуктов обмена и лизиса, с также обеспечивает равномерное распределение кислорода в культуральную жидкости по всему объему ферментатора.

Y.V. Vasilieva, O.I. Zaharova, G.G. Darmaeva, V.P. Druzyanova

PROCESSING OF AGRICULTURAL RAW MATERIALS BY THE METHOD OF MICROBIAL SYNTHESIS IN THE CONDITIONS OF YAKUTIA

Keywords: synthesis, substrate concentration, gas solubility, mixing, oxygen solubility.

This article describes the synthesis of the cultivation process model. This method allows you to adjust the degree of aeration and take into account its amount. It helps to remove from the cells of the microorganism products of metabolism and lysis, C also provides a uniform distribution of oxygen in the culture fluid throughout the volume of the fermenter.

И.В. Власов

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ РЕМОНТА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ ЭВТ НА УСЛОВИЯХ АУТСОРСИНГА

Ключевые слова: аутсорсинг, ITIL/ITSM, стандартизация, ремонт и техническое обслуживание ИТ-систем.

Статья посвящена актуальным вопросам управления качеством ремонта и технического обслуживания (РТО) устройств ЭВТ. Обосновано использование пула сервисных компаний, привлекаемых на условиях аутсорсинга. Описана концепция стандарта контроля качества услуг РТО, разработанного на основе методологии ITIL/ITSM.

I.V. Vlasov

MANAGE QUALITY OF REPAIR AND MAINTENANCE OF EVT IN TERMS OF OUTSOURCING

Keywords: outsourcing, ITIL/ITSM, standardization, repair and maintenance of IT-systems.

The article is devoted to topical issues of quality management of repair and maintenance (RTO) of electronic devices. The use of a pool of service companies involved in outsourcing is justified. The concept of the standard of quality control of services of RTO developed on the basis of ITIL/ITSM methodology is described.

И.Б. Гинзбург

СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АВТОНОМНОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ С ДРУГИМИ ВИДАМИ КЛИЕНТСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ОБЛАЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ключевые слова: автономные веб-приложения, мобильные приложения, облачные информационные системы, клиентские приложения для облачных информационных систем.

В работе показаны достоинства автономных веб-приложений и их преимущества по сравнению с другими видами клиентских приложений для ПК и мобильных устройств. Это позволяет сделать вывод о целесообразности применения автономных веб-приложений в облачных системах для хранения и обработки информации в различных отраслях, а также в других информационных системах со схожими требованиями к клиентским приложениям. Примерами систем, где такой вид приложений может быть востребован, являются информационные системы поддержки жизненного цикла изделий и геоинформационные системы.

I.B. Ginzburg

COMPARISON OF POSSIBILITIES OF AUTONOMOUS WEB APPLICATION WITH OTHER TYPES OF CLOUD INFORMATION SYSTEMS CLIENT APPLICATIONS

Keywords: stand-alone web applications, mobile applications, cloud information systems, client applications for cloud information systems.

The paper shows the advantages of stand-alone web applications and their comparison to other types of client applications for PCs and mobile devices. This allows us to conclude that it is expedient to use stand-alone web applications in cloud systems for storing and processing information in various industries, as well as in other information systems with similar requirements for client applications. Examples of systems where this type of application can be used are product life cycle support information systems and geographic information systems.

И.В. Гоголева, Л.А. Дарбасова, М.И. Петрова, Д.Н. Юмшанова, М.А. Зайков, Э.К. Данилов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИКТ В ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ключевые слова: обучение, информатизация, информационные технологии, предметная среда.

Сегодня в условиях глобализации экономики, информатизации и ускоренного технического развития цивилизации, особое значение придается важнейшей сфере человеческой деятельности – обучению и воспитанию, во многом определяющей развитие отдельных наций в локальном смысле и человечества в мировом масштабе.

I.V. Gogoleva, L.A. Darbasova, M.I. Petrova, D.N. Umshanova, M.A. Zaikov, I.K. Danilov

THE USE OF ICT IN TEACHING

Keywords: training, Informatization, information technologies, subject environment.

Today, in the context of globalization of the economy, Informatization and accelerated technological development of civilization, special importance is attached to the most important sphere of human activity – training and education, which largely determines the development of individual Nations in the local sense and humanity on a global scale.

Г.Н. Гусев

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ АРМИРОВАННОЙ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ. ЧИСЛЕННЫЙ И НАТУРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Ключевые слова: кирпичная кладка, композитная арматура, численный и натурный эксперименты, ANSYS.

В работе описаны экспериментальные исследования процессов разрушения кирпичной кладки, армированной как стальной, так и композитной арматурой. Результаты экспериментов позволяют осуществить замену требуемого армирования, выполненного стандартными материалами на композитные аналоги.

G.N. Gusev

BEHAVIOUR OF THE BRICKLAYING WITH COMPOSITE REINFORCEMENT MODELLING. NUMERICAL AND NATURAL EXPERIMENTS.

Keywords: bricklaying, composite reinforcement, numerical and natural experiments.

the results of the destruction processes study of the bricklaying with steel and composite reinforcement are presented in this paper. Results of the experiment allow to replace the required reinforcement produced with standard materials by composite analogs.

Е.И. Егорова, А.И. Ахмадиев

СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Ключевые слова: технологический процесс, деталь, модуль поверхности, граф, структурная модель, модель представления графической информации.

Большое число нерешенных проблем связано с автоматизацией проектирования технологических процессов (ТП). Практически все отечественные САПР ТП (CAM (CAPP)-системы)) не позволяют на сегодняшний день полноценно автоматизировать разработку технологического процесса изготовления детали. Роль технолога-проектировщика остается решающей, так как он формирует маршрутный технологический процесс, основываясь на собственных знаниях, опыте, интуиции, предпочтениях (зачастую ошибочных). Проектное решение является субъективным.

E.I. Egorova, A.I. Ahmadiev

STRUCTURAL MODEL OF GRAPHIC INFORMATION

Keywords: technological process, detail, surface module, graph, structural model, model of representation of graphic information.

A large number of unsolved problems associated with the automation of the design of technological processes (TP). Almost all domestic CAD systems TP (CAM (CAPP) systems)) do not allow today to fully automate the development of the technological process of manufacturing parts. The role of the technologist-designer remains decisive, as he forms the route technological process, based on his own knowledge, experience, intuition, preferences (often erroneous). The design decision is subjective.

Е.В. Ильинская, В.В. Ломакин, Р.Г. Асадуллаев, Т.В. Зайцева

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ КОРПОРАТИВНОГО УРОВНЯ

Ключевые слова: автоматизированная информационная система, оценка рисков, проектный риск.

В работе рассматриваются вопросы анализа рисков при

E.V. Ilinskaja, V.V. Lomakin, R.G. Asadullaev, T.V. Zaitseva

THE RISK ASSESSMENT METHOD IN THE DEVELOPMENT OF AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS OF THE CORPORATE LEVEL

Keywords: automated information system, risk assessment, project risk.

The paper deals with the issues of risk analysis in the

разработке информационных систем, излагаются наиболее актуальные для российских компаний методики оценки рисков. Предложена методика проведения оценки рисков, возникающих при разработке автоматизированных информационных систем корпоративного уровня.

development of information systems, describes the existing methods of risk assessment. The technique of expert assessment of risks arising in the development of automated information systems at the corporate level is proposed.

Э.Р. Марданшин, В.В. Афанасьев

СЕЛЕКТИВНОЕ РЕЖЕКТИРОВАНИЕ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ СХЕМЫ ЧУА В СИСТЕМАХ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Ключевые слова: динамический хаос, система Чуа, псевдослучайный сигнал, режекторный фильтр.

Проведено моделирование и исследование селективного режектирования сигналов дискретно-нелинейной системы Чуа. Разработана структура режекторного фильтра, получены оценки коэффициента подавления трехмерных сигналов схемы Чуа при вариации частоты дискретизации. Показано, что селективное режектирование маскирующих псевдослучайных сигналов схемы Чуа сохраняет информацию о манипуляции фазы информационных сигналов.

E.R. Mardanshin, V.V. Afanasev

SELECTIVE REJECTION OF CHUA SCHEME PSEUDO-RANDOM SIGNALS FOR THE CONFIDENTIAL COMMUNICATION INFORMATION SYSTEMS

Keywords: dynamic chaos, Chua system, pseudo-random signal, reject filter.

The simulation and investigation of selective signal rejection of the discrete-nonlinear Chua system signals was carried out. The structure of the nonlinear reject filter is developed. The estimates of the suppression coefficient of three-dimensional signals of the Chua scheme at variation of sampling frequency are obtained. It is showing, that selective rejection of masking pseudo-random signals of the Chua system preserve the information about the phase signals manipulation.

Ч.Г. Машиев, Д.М. Ноев, В.В. Осипова, Д.О. Колесов, М.А. Зайков, Э.К. Данилов

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЗАНЯТИЯХ

Ключевые слова: компьютерные технологии, моделирование процессов, умения и навыки, технологическое оборудование.

Объединения технической направленности в нашем образовательном учреждении являются стартовой площадкой для будущих инженеров, изобретателей, конструкторов, владеющих современной техникой. Техническое творчество студентов непосредственно связано моделированием и обработкой информации с применением информационных технологии.

Sh.G. Mashiev, D.M. Noev, V.V. Osipova, D.O. Kolesov, M.A. Zaikov, I.K. Danilov

APPLICATION OF MODELING IN PEDAGOGICAL ACTIVITY AT THE CLASSES

Keywords: computer technologies, process modeling, skills, technological equipment.

Association of technical orientation in our educational institution is a launching pad for future engineers, inventors, designers who own modern technology. Technical creativity of students is directly related to the modeling and processing of information with the use of information technology.

А.В. Мурыгин, В.С. Тынченко, А.Н. Коваленко, В.Д. Лаптенок, А.Н. Бочаров

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ РЕНТГЕНОВСКОГО ДАТЧИКА СТЫКА ПРИ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКЕ

Ключевые слова: электронно-лучевая сварка, рентгеновский датчик стыка, помехоустойчивость измерительного устройства.

В работе проведен анализ помехоустойчивости измерительного устройства системы наведения на стык при электронно-лучевой сварке, которое использует для обнаружения стыка энергию электронного пучка и возникающее при этом рентгеновское излучение. В качестве направления решения проблемы предлагается исследовать помехоустойчивость отдельных звеньев системы. Так можно говорить о помехоустойчивости сигнала датчика стыка, способа приема сигнала датчика стыка. При этом можно оперировать относительной помехоустойчивостью, что позволит сравнить между собой различные варианты технических решений.

A.V. Murygin, V.S. Tynchenko, A.N. Kovalenko, V.D. Laptenok, A.N. Bocharov

NOISE IMMUNITY OF THE X-RAY JOINT SENSOR DURING ELECTRON BEAM WELDING

Keywords: electron beam welding, X-ray joint sensor, noise immunity of the measuring device.

The paper analyzes the noise immunity of the measuring device of the guidance system at the joint during electron beam welding, which uses the energy of the electron beam and the resulting X-ray radiation to detect the joint. As a direction to solve the problem, it is proposed to investigate the noise immunity of individual parts of the system. So, we can talk about the noise immunity of the joint signal sensor, the method of receiving the joint sensor signal. In this case, it is possible to operate with relative noise immunity, which will make it possible to compare different variants of technical solutions.

Т.П. Новикова, В.К. Зольников

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ И ОЦЕНКА СРЕДСТВ ЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Ключевые слова: электронная компонентная база, управление, испытания, внешние воздействующие факторы, оборудование.

В работе рассмотрены проблемы, возникающие в момент оценки средств обеспечения испытаний электронной компонентной базы, и возможности оптимизации посредством управления процессом. Представлены этапы проведения испытаний, виды воздействий и необходимое оборудование для обеспечения процесса. Установлены факторы, влияющие на процесс испытаний, даны предложения по управлению и оптимизации процесса.

T.P. Novikova, V.K. Zolnikov

PROCESS CONTROL TESTING OF ELECTRONIC COMPONENTS AND ASSESSMENT OF ENSURING MEANS

Keywords: electronic component base, control, testing, external factors, equipment.

The paper deals with the problems arising at the time of evaluation of the electronic component base testing facilities, and the possibility of optimization through process control. The stages of testing, impacts types and the necessary equipment to ensure the process are presented. The factors influencing the testing process are established, the proposals for the management and the process are given optimization.

М.С. Саввинова, В.В. Сысолятина, С.Г-Д. Ханхалдаева, В.П. Друзьянова

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НАВОЗА В ОБОРУДОВАНИИ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

Ключевые слова: адаптация, микроорганизмы, перемешивание, гомогенизация.

Республика Саха (Якутия) располагает огромными земельными ресурсами, но площади, пригодные для сельскохозяйственного освоения, весьма ограничены. В последние годы резко сократилось применение минеральных и органических удобрений, почти не ведутся мелиоративные работы. Из-за перегрузки сельскохозяйственных угодий населением и домашним скотом происходит интенсивное уменьшение их плодородия.

M.S. Savvinova, V.V. Sisolytina, S.G-D. Hanhaldaeva, V.P. Druzyanova

TECHNOLOGY FOR RECYCLING OF MANURE EQUIPMENT NEW DESIGN

Keywords: adaptation, microorganisms, mixing, homogenization.

The Republic of Sakha (Yakutia) has vast land resources, but the areas suitable for agricultural development are very limited. In recent years, the use of mineral and organic fertilizers has sharply decreased, almost no reclamation work is carried out. Due to the overload of agricultural land by the population and livestock, there is an intensive decrease in their fertility.

А.М. Семенов, Л.Ф. Тагирова, В.К. Тагиров

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ВЫБОРА ПРЕТЕНДЕНТА НА ВАКАНТНУЮ ДОЛЖНОСТЬ

Ключевые слова: рекрутинг, автоматизация подбора персонала, интеллектуальная система поддержки принятия решений, экспертная система, экспертные оценки.

В статье обосновывается актуальность разработки интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР) в слабоформализованной предметной области, характеризующейся неполнотой, неоднозначностью и противоречивостью исходных данных. В целях повышения эффективности принятия решений разработано информационное и программное обеспечение ИСППР в задачах подбора персонала сферы информационных технологий на основе оценки профессионально-значимых и личностных качеств претендентов на должность в IT-отдел с применением моделей и методов искусственного интеллекта.

A.M. Semyonov, L.F. Tagirova, V.K. Tagirov

INTELLECTUAL SYSTEM OF SUPPORT OF DECISION-MAKING OF THE CHOICE OF THE APPLICANT FOR THE VACANT POST

Keywords: recruiting, staff recruitment automation, intellectual system of support of decision-making, expert system, expert estimates

In the article the relevance of development of the intellectual system of support of decision-making (ISSDM) is proved in the weakly formalized subject domain which is characterized by incompleteness, ambiguity and discrepancy of basic data. For increasing of efficiency of decision-making also the software of ISSDM in problems of staff recruitment of the sphere of information technologies on the basis of assessment of professional and significant and personal qualities of applicants for a position in IT department with application of models and methods of artificial intelligence is developed.

Л.А. Симонова, Е.И. Егорова

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ДЕТАЛИ

Ключевые слова: онтологическая модель, технологический процесс, атрибутивные графы, интеллектуальная система построения технологических процессов, технологическое решение, оптимальное технологическое решение.

Этап проектирования технологических процессов обработки деталей является нетривиальной задачей, и технолог сталкивается со значительными трудностями при выборе наилучшего решения. С целью частичного снятия нагрузки с технолога при выборе альтернатив актуально применение интеллектуальной системы проектирования технологических процессов. Онтологическая модель представления информации о технологическом процессе описывается с помощью атрибутивных графов, что позволяет осуществлять анализ формы и пространственных отношений между структурными элементами объектов, сокращает область интерпретации понятий и количество интерпретирующих функций.

L.A. Simonova, E.I. Egorova

ONTOLOGICAL MODEL OF REPRESENTATION OF INFORMATION ON TECHNOLOGICAL PROCESS DETAILS

Keywords: ontological model, technological process, attribute graphs, intellectual system for building technological processes, technological solution, optimal technological solution.

The design stage of technological processes for machining parts is a non-trivial task, and the technologist faces considerable difficulties in choosing the best solution. In order to partially relieve the technologist when selecting alternatives, it is important to use an intelligent system for designing technological processes. The ontological model of representation of information about the technological process is described using attribute graphs, which allows analyzing the form and spatial relationships between the structural elements of objects, reduces the scope of interpretation of concepts and the number of interpretive functions.

А.Ю. Степаненко

ЛОГИСТИКА СНАБЖЕНИЯ: МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТЕЙ В МАТЕРИАЛАХ

Ключевые слова: материал, материально-техническое обеспечение, планирование потребности в материальных ресурсах.

В работе рассматриваются аспекты логистики материально-технического обеспечения в разрезе методов (способов) планирования / определения потребностей в материально-технических ресурсах при производстве машиностроительных изделий, а также в процессе эксплуатации авиационной техники.

A.Y. Stepanenko

MRP LOGISTICS: MATERIAL REQUIREMENS PLANNING METHODS

Keywords: Material, Material requirements planning.

The paper deals with aspects of logistics in the context of methods of planning / determining the material requirements and technical resources in the production of engineering products, as well as in the operation of aircraft.

М.Н. Терентьев

ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДИСКРЕТНЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Ключевые слова: беспроводные сети, Интернет вещей, показатель, надёжность, долговечность, длительность доставки сообщений.

В работе введены и формализованы показатели работы дискретных беспроводных сетей интернета вещей: надёжность, долговечность, коэффициент долговечности, длительность доставки сообщений. Набор данных показателей может быть использован при проектировании беспроводных сетей Интернета вещей для сравнения эффективности работы различных алгоритмов.

M.N. Terentiev

PERFORMANCE INDICATORS FOR DUTY CYCLE WIRELESS NETWORKS OF THE INTERNET OF THINGS

Keywords: wireless networks, IoT, performance indicator, reliability, durability, message delivery time.

In this paper, we have introduced and formalized the performance indicators of duty cycle wireless networks of the Internet of things: reliability, durability, durability coefficient, message delivery time. A set of these indicators can be used in the design of wireless networks of the Internet of Things to compare the performance of different algorithms.

И.М. Ткаченко, Е.Р. Кожанова

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ НЕПРЕРЫВНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА НАНОСТРУКТУР

Ключевые слова: непрерывное вейвлет-преобразование, сканирующий электронный микроскоп, наноструктура, химический состав, спектр, распознавание элемента.

В статье представлена методика применения непрерывного вейвлет-преобразования для анализа элементного состава наноструктур с целью идентификации химического состава. Экспериментальные данные были получены с помощью сканирующего электронного микроскопа. Получение, обработка и исследование спектров проводились с применением авторского программного продукта "labpraktikum_osnov_wavelet".

I.M. Tkachenko, E.R. Kozhanova

THE APPLICATION OF THE CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM TECHNIQUE FOR ANALYZING THE ELEMENTAL COMPOSITION OF NANOSTRUCTURES

Keywords: continuous wavelet transformation, scanning electron microscope, nanostructure, chemical composition, spectrum, element recognition.

The paper presents a technique for applying a continuous wavelet transform to analyze the elemental composition of nanostructures in order to identify the chemical composition. The experimental data were obtained by means of a scanning electron microscope. The acquisition, processing and study of spectra were carried out using the author's software product "labpraktikum_osnov_wavelet".

С.А. Ямашкин, С.А. Федосин

ВЫДЕЛЕНИЕ ФАКТОВ О ГЕОПОЗИЦИИ ИЗ ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ

Ключевые слова: Извлечение фактов, извлечение именованных сущностей, анализ естественного языка, геопорталы.

В статье описан алгоритм формирования хранилища новостной геопространственной информации на основе агрегации данных с интернет-СМИ и извлечения именованных сущностей из информационных массивов на естественном языке. Детально охарактеризованы шаги 1) агрегация новостной информации; 2) выделение фактов о геопозиции из текста на естественном языке; 3) прямое геокодирование и пополнение хранилища данных; 4) пространственная визуализация в рамках веб-интерфейсов. Результаты исследования внедрены в работу новостного геопортала.

S.A. Yamashkin, S.A. Fedosin

GEOPOSITION INFORMATION EXTRACTION FROM TEXT ARRAYS IN NATURAL LANGUAGE

Keywords: Information Extraction, Named Entity Recognition, Natural Language Processing, Geoportals.

This article describes the algorithm of formation of news geospatial data repository based on the aggregation of data from online media and extracting named entities from the data arrays in a natural language. The steps are described in detail: 1) aggregation of news information; 2) selection of facts about geography from text in natural language; 3) direct geocoding and replenishment of the data warehouse; 4) spatial visualization within web interfaces. The research results are implemented in the work of the news geoportal.

Публичный лицензионный договор-оферта о правах на статью

Редакция журнала «Научно-технический вестник Поволжья» предлагает Вам присылать свои статьи для публикации на страницах журнала, а также на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ). Предоставление Автором своего произведения является полным и безоговорочным акцептом, т.е. данный договор считается заключенным с соблюдением письменной формы. Присылая для публикации произведение, Автор также предоставляет Редакции журнала права на использование произведения и гарантирует, что он обладает достаточным объемом прав на передаваемое произведение. Также Автор предоставляет редакции журнала право переуступить на договорных условиях частично или полностью полученные по настоящему Договору права третьим лицам без выплаты Автору вознаграждения. Все авторские права регулируются в соответствии с действующим законодательством России.

Договор публичной оферты по обработке персональных данных

В процессе осуществления выпуска журнала "Научно-технический вестник Поволжья" ООО "Научно-технический вестник Поволжья" осуществляется обработка персональных данных, предоставленных авторами статей в рамках сообщения своих регистрационных данных для осуществления публикации в журнале (имя, фамилия, отчество, адрес автора, контактный телефон и e-mail приводятся в регистрационной форме, заполняемой авторами при отправке статьи в журнал). Обработка осуществляется редакцией журнала для целей надлежащей отправки журнала автору и возможности связи с автором лиц, заинтересованных в результатах труда автора статьи. Под обработкой персональных данных в контексте настоящего согласия понимаются действия редакции по сбору, систематизации, накоплению, хранению, использованию, распространению, уничтожению персональных данных, а также действия по их дальнейшей обработке с помощью автоматизированных систем управления базами данных, и иных программных средств, используемых редакцией журнала. Настоящее согласие автора на обработку персональных данных является бессрочным и может быть отозвано в любой момент путем отказа автора от получения журнала и дальнейшей обработки его персональных данных.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Н А У Ч Н О - Т Е Х Н И Ч Е С К И Й В Е С Т Н И К П О В О Л Ж Ь Я

№11 2018

Направления:
01.01.00 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИКА
02.00.00 — ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ
05.02.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ
05.11.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ
05.13.00 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

www.ntvp.ru

Свидетельство № ПИ № ФС77-41672 от 13 августа 2010г.

Подписано в печать 23.11.2018 Формат 60 х 84 1/8. Печать цифровая.

15,8 усл.печ.л. 18,1 уч.изд.л. Тираж 900 экз. Заказ 1690.

Учредитель: ООО "Научно-технический вестник Поволжья"
420021, Республика Татарстан, Казань,
ул. З.Султана, д.17а, оф. 19
Адрес редакции, издателя и типографии совпадают с адресом учредителя
Цена свободная.

© Научно-технический вестник Поволжья

тел.(843) 216-30-35

Отпечатано с готового оригинал-макета

ООО «Научно-технический вестник Поволжья»